

Bauartzulassung von Lesegeräten für die amtliche elektronische Personendosimetrie

Vorbemerkungen:

Die Arbeitsgruppe „amtliche elektronische Personendosimetrie“ (AEPD) erarbeitet das Konzept für die Verwendung elektronischer Personendosimeter (EPDs) in der amtlichen Personendosimetrie. Das Konzept sieht eine wechselnde Personenzuordnung zu den EPDs vor. Bei jedem Betreten und Verlassen des Kontrollbereiches erfolgt eine eindeutige Zuordnung zwischen der betreffenden Person und dem aktuell benutzten Dosimeter. Die EPDs werden über ihre Schnittstelle ausgelesen, die Messwerte mit standardisierten Komponenten, z.B. einem handelsüblichen PC, verarbeitet und an die Messstelle geschickt. Aus den Messwerten werden die Dosiswerte für die betriebliche und amtliche Dosimetrie bestimmt.

Voraussetzung für die amtliche Dosimetrie sind Messungen mit geeichten Messgeräten. Um eichfähig zu sein, benötigen die Messgeräte eine Bauartzulassung. Für die AEPD benötigen auch die Lesegeräte eine Bauartzulassung.

Es gibt EPDs mit Bauartzulassung. Die dazugehörigen Lesegeräte besitzen derzeit noch keine Bauartzulassung, sondern sind nur als rückwirkungsfreies Zubehör verwendbar. Messwerte aus derartigen Lesegeräten sind nicht eichfähig und können für die AEPD nicht genutzt werden.

Das vorliegende Papier befasst sich mit der Bauartzulassung von Lesegeräten unter Beachtung der geltenden Vorschriften. Es skizziert den möglichen Aufbau zulassungsfähiger Lesegeräte und die sichere Weitergabe der Daten für die betriebliche und amtliche Dosimetrie.

Hierbei wird berücksichtigt, dass an einigen KKW's und Kliniken Testprojekte für die AEPD laufen. Die dabei verwendeten Lesegeräte und Software sollen nach Möglichkeit für die AEPD genutzt werden können. Das Konzept ist herstellerunabhängig und offen für andere Lösungen.

Vorsorglich sei darauf hingewiesen, dass die Bauartzulassung der Lesegeräte nur ein Teilaspekt der AEPD ist. Sie ist notwendig für die elektronische Datenverarbeitung der Messwerte. Um aus den Einzeldatensätzen die Werte für die amtliche und betriebliche Dosimetrie (Monatsdosis usw.) zu bestimmen, sind weitere Programme bzw. Programmmodule notwendig. Diese Programme bzw. Module müssen nach Auffassung der PTB ebenfalls bauartzugelassen werden. Notwendig ist zum Beispiel die Überprüfung, ob die Personenzuordnung und Summation korrekt erfolgt. Eine Diskussion dieser Programme ist nicht Gegenstand des vorliegenden Papiers.

1. Bisherige Positionspapiere der PTB zum Thema „Amtliche elektronische Personendosimetrie“

Die PTB arbeitet seit 2001 aktiv an der Einführung der amtlichen elektronischen Personendosimetrie mit. Sie hat zu diesem Zweck eine Reihe von Positionspapieren veröffentlicht, von denen im Zusammenhang mit dem vorliegenden Papier insbesondere von Bedeutung sind:

1. *„Positionspapier der PTB zur Verwendung von elektronischen Personendosimetern in der „amtlichen“ Dosimetrie durch Personendosismessstellen“ vom 19.03.2004*
2. *„Bauartprüfung und Bauartzulassung der PTB von elektronischen Personendosimetern zur Verwendung in der amtlichen Dosimetrie durch Personendosismessstellen“ vom 02.03.2005*
3. *„Bauartzulassung von elektronischen Personendosimetern – Beispiele für System-Konfiguration von Reader und Langzeitspeicher“ vom 18.03.2005*

Das vorliegende Papier konkretisiert die genannten Papiere und gesetzlichen Rahmenbedingungen auf der Basis des aktuellen Stands der Technik.

2. Gesetzlicher Rahmen

Für die AEPD wird der gesetzliche Rahmen durch das Eichgesetz und die Eichordnung vorgegeben. Im Anhang A ist ein Auszug wesentlicher Paragraphen zusammen gestellt.

Gemäß Eichordnung §2 Absatz 4 müssen Dosimetersonden und Lesegeräte bauartzugelassen und geeicht sein: *„Elektronische Personendosimeter ... für amtliche Überwachungsaufgaben ... müssen... mit Dosimetersonden und ... Anzeigegeräten versehen sein, die eine Bauartzulassung besitzen“* (vollständiges Zitat des §4 siehe Anhang A).

Für die Bauartzulassung müssen Lesegeräte die PTB-Anforderungen PTB-A 23.2 für Personendosimeter erfüllen. Es wird geprüft, ob Umwelteinflüsse (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, elektromagnetische Störungen) das Auslesen des Dosimeters beeinträchtigen.

Außerdem müssen die Lesegeräte den Software Guide WELMEC 7.2 Issue 3 vom Mai 2008 erfüllen. In ihm ist der Stand der Technik bei amtlichen Messsystemen mit Software, PCs sowie Schnittstellen dokumentiert. So darf über die Schnittstelle keine unzulässige Beeinflussung der Messwerte im eichpflichtigen Messgerät möglich sein (Rückwirkungsfreiheit). Übertragungsfehler müssen erkannt bzw. korrigiert werden.

Der Fachausschuss Strahlenschutz (FAS) des Länderausschusses für Atomkernenergie hat im April 2005 für elektronische Personendosimeter (EPD) als amtliche Dosimeter beschlossen: *„Die Bauartzulassung kann bei EPD mit dem Auslesegerät enden, wenn das Auslesegerät die Daten bis zur gesicherten Übertragung speichert.“*

3. Zulassungsfähiges Lesegerät – Aufbauvorschlag der PTB

Die für Dosimetrie und IT zuständigen Fachbereiche der PTB haben geprüft, bis zu welchem Grad die Wünsche und Anforderungen der Hersteller und Anwender – hohe Flexibilität in Hardware und Software, Einsatz handelsüblicher PC und standardisierter Komponenten mit weitgehender Austauschmöglichkeit durch nicht baugleiche Komponenten, unbürokratische Änderungen an der Software – in Einklang mit dem Eichrecht und der amtlichen Dosimetrie zu bringen sind. Diese Anforderungen können im Wesentlichen erfüllt werden, wenn die Daten gegen Manipulation und Verlust gesichert werden. Das vorliegende Papier erläutert, was dies im Detail bedeutet.

Idealer Weise erfolgt die Datensicherung bereits im Dosimeter. In anderen Bereichen des gesetzlichen Messwesens ist dies Stand der Technik. Bei den derzeit erhältlichen Dosimetern wurde diese Datensicherung nicht im erforderlichen Maße realisiert. Sie muss deshalb hilfsweise im PC erfolgen. Da für das zulassungsfähige Lesegerät auch Komponenten verwendet werden sollen, die nicht bauartgeprüft sind, müssen im Gegenzug die Anzeigen am Dosimeter und im PC (Monitoranzeige) verglichen werden können. Die eichrechtlich relevante Software und die kryptografischen Komponenten sollen nur durch autorisierte Personen (z.B. Administratoren) installiert und deinstalliert werden können.

Ein zulassungsfähiges Lesegerät kann aus folgenden Komponenten aufgebaut werden:

1. einem handelsüblichen PC mit Standard-Betriebssystem (z.B. Windows) und Monitor
2. einem Lesekopf, der an den PC angeschlossen ist
3. einem hinreichend zuverlässigen Speicher (Details siehe folgender Abschnitt). Dieser Speicher ist die Datenquelle für: a) die amtliche Dosimetrie, b) die betriebliche Dosimetrie und c) die Anzeige am Monitor des Lesegerätes.
4. einer Dosimetriesoftware mit bauartzugelassenen Modulen (alternativ kann die gesamte Dosimetriesoftware bauartzugelassen werden).
5. einem Gehäuse, welches die einzelnen Komponenten zu einem Lesegerät zusammen fasst und gegen Umwelteinflüsse (EMV usw.) hinreichend schützt.

Die Bauartzulassung gilt für das gesamte Lesegerät.

Der Datenfluss im Lesegerät ist wie folgt:

1. Wird der Kontrollbereich betreten, so wird die Dosisanzeige des Dosimeters auf Null zurück gesetzt, so dass die Dosisanzeige die erforderliche Anzeigeauflösung besitzt.
2. Ein bauartzugelassenes Softwaremodul liest das Dosimeter über den Lesekopf aus und stellt die Daten gemeinsam mit weiteren Daten (zugeordnete Person, Datum/Uhrzeit, weitere relevante Daten, frei belegbarer Datenbereich) zu einem Datensatz zusammen. Die Datensätze werden fortlaufend durchnummeriert (für jedes Lesegerät separat), um die Vollständigkeit aller Datensätze zu dokumentieren. Anschließend wird für diesen Datensatz eine fälschungssichere digitale Signatur über anerkannte Algorithmen errechnet, die zum Datensatz hinzugefügt wird. Datensatz inkl. Signatur werden auf einem zuverlässigen Speicher abgelegt.
3. Ein bauartzugelassenes Softwaremodul liest den Datensatz aus dem zuverlässigen Speicher, überprüft ihn anhand der Signatur auf Integrität und Echtheit und zeigt die Daten auf dem Monitor an. Die betroffene Person vergleicht die angezeigten Messwerte mit den auf dem Dosimeter angezeigten und stellt damit sicher, dass die gesichert abgespeicherten Messwerte und Zusatzdaten richtig sind. Die Programmmodule zur Anzeige und Prüfung der Integrität und Echtheit sind bauartzugelassen.

Der Datenfluss in einem zulassungsfähigen Lesegerät wird nachfolgend noch einmal grafisch dargestellt. Weitere Details sind im Anhang B erläutert.

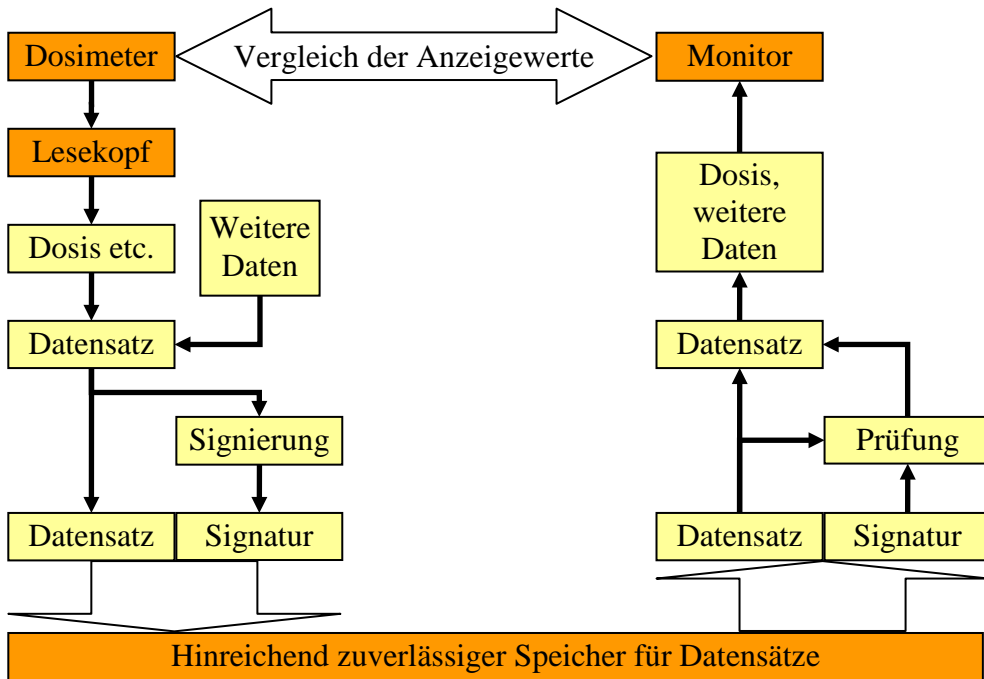


Abb. 1: sichere Aufzeichnung der Messwerte und Zusatzdaten im zulassungsfähigen Lesegerät

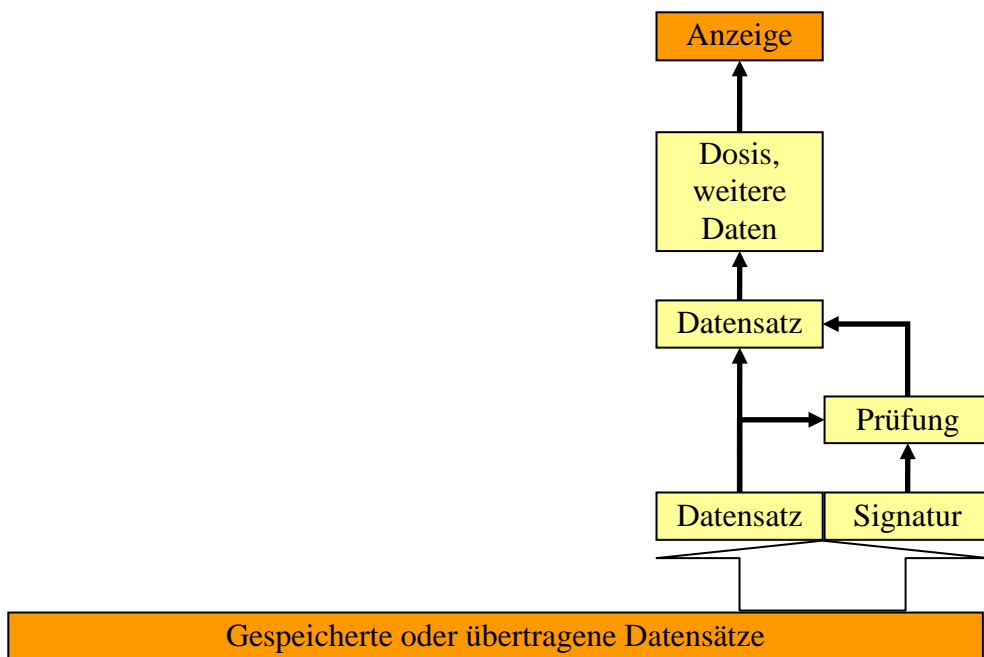


Abb. 2: Verifikation der Datensätze bei der elektronischen Datenverarbeitung (siehe auch Abschnitt C)

Die Lesegeräte benötigen untereinander keinen Datenaustausch, da in jedem Datensatz nur die jeweilige Dosimeteranzeige abgespeichert wird – die Dosisbestimmung (bei der sowohl die Dosisanzeige beim Betreten als auch beim Verlassen des Kontrollbereiches bekannt sein und folglich eine Kommunikation zwischen den Lesegeräten stattfinden müsste) ist kein notwendiger Bestandteil der Bauartzulassung des Lesegerätes.

Sowohl die betriebliche als auch die amtliche Dosimetrie greifen auf die signierten Datensätze im Speicher zu. Die Bauartzulassung umfasst nicht die Messwertübertragung zur Messstelle. Die anerkannte Sicherung der Daten gegen Übertragungsfehler und Manipulationen kann auch von den Messstellen genutzt werden.

Die Zulassung ist nur für die Teile der Software erforderlich, die die oben genannten Aufgaben erfüllen (eichtechnischer Teil der Software). Sinnvoll ist eine Splittung der Software in die genannten eichtechnischen Teile, die bauartzugelassen werden, und in nicht eichpflichtige Teile, denn dann ist ein Nachtrag zur Bauartzulassung nur erforderlich, wenn die Software-Änderungen den eichtechnischen Teil betreffen.

An den zuverlässigen Speicher und den PC werden prinzipielle Anforderungen gestellt, die einen Ersatz durch gleichwertige oder bessere Komponenten ohne Änderung der Zulassung erlauben (Wartungsfreundlichkeit). Im Anhang B werden weitere Details des Konzeptes erläutert.

4. Hinreichend zuverlässiger Speicher

Im hinreichend zuverlässigen Speicher des Lesegerätes werden die Daten aufbewahrt, bis sie gelöscht werden können. Hinreichend zuverlässig ist ein Datenspeicher, wenn er

1. im Routinebetrieb und bei vorhersehbaren Ausfällen keinen Datenverlust erwarten lässt. Eine praktische Umsetzung kann beispielsweise die Spiegelung der Daten auf mindestens zwei verschiedenen Speichermedien sein (lokale Festplatte, USB-Stick, Speicherkarte, Netzwerk-Laufwerk, DVD, CD, Bandlaufwerk, e-mail der Daten an einen Server mit Rückbestätigung des Datenempfangs, ...).
2. groß genug ist, um alle Datensätze mindestens so lange aufzubewahren, bis die von der Messstelle und die juristisch vorgegebenen Aufbewahrungsfristen abgelaufen ist.
3. Schutzvorkehrungen gegen das Löschen der Datensätze durch Unbefugte besitzt. Nur das bauartzugelassene Softwaremodul sowie autorisierte Personen (z.B. Administratoren) sollten Schreibrechte für den Speicher besitzen. Die Leserechte sollten restriktiv gehandhabt werden, nicht zuletzt aus Datenschutzgründen.

Vor jeder eichrechtlich relevanten Verwendung der gespeicherten Daten muss die Integrität des Datensatzes mit Hilfe der in 2 beschriebenen Software überprüft werden, siehe Abbildung 2. Stellt sich dabei heraus, dass der Datensatz beschädigt ist, kann man auf die redundante gespiegelte Kopie zurückgreifen und sie für den amtlichen Zweck verwenden, sofern sie die Integritätsprüfung bestanden hat.

5. Sicherung der Daten gegen Veränderung – digitale Signierung

Eine wesentliche Anforderung an das Konzept ist die möglichst große Flexibilität in Bezug auf Hardware und Software. In die Praxis übersetzt heißt dies, dass möglichst viele Hardwarekomponenten durch andere – nicht baugleiche – ausgetauscht werden können. Außerdem soll auch nicht bauartgeprüfte Software eingesetzt werden dürfen.

Diese weitgehende Freiheit darf nicht die Messsicherheit und Messrichtigkeit beeinträchtigen. Eine erprobte Lösung ist die Sicherung der Daten gegen Veränderung. Stand der Technik sind fälschungssichere Datensignierungen. Sie basieren auf anerkannten mathematischen Algorithmen. Die Datensignatur wird an den Datensatz angehängt. Die Berechnung der fälschungssicheren Signatur des Datensatzes erfolgt mit Hilfe eines geheimen Schlüssels. Mit Hilfe der Signatur und eines öffentlich bekannten Schlüssels kann jederzeit überprüft werden, ob der Datensatz verändert wurde. Der öffentliche Schlüssel identifiziert zusätzlich die Herkunft der Signierung. An Hand der fortlaufenden Nummern erfolgt die Überprüfung, ob alle Datensätze vorliegen.

Die erforderlichen Routinen für die Datensignierung sind in Hardware kommerziell verfügbar, z.B. als handelsübliche kryptographische USB-Token mit den dazugehörigen Software-Bibliotheken für die Ansteuerung.

Drei Vorteile der Hardware-Lösung sind: 1.) die Algorithmen liegen bereits geprüft vor, 2.) der geheime Schlüssel ist außerhalb des PC an sicherer Stelle hinterlegt, 3.) einfache eichtechnische Sicherung des kryptographischen Tokens und damit eindeutige eichtechnische Identifikation des Lesegerätes.

Auf den konkreten Ablauf der Datensignierung und der Datenprüfung auf Authentizität und Herkunft geht der Anhang C näher ein.

6. Ansprechpartner der PTB

Rückfragen können Sie gern an folgende Ansprechpartner der PTB stellen:

Dr. Oliver Hupe

Fachbereich 6.3

„Strahlenschutzdosimetrie“

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Tel: (0531)592-6310

E-Mail: Oliver.Hupe@PTB.de

Dr. Ulrich Grottker

Fachbereich 8.53

„IT im gesetzlichen Messwesen“

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Tel: (0531)592-2020

E-Mail: Ulrich.Grottker@PTB.de

Anhang A: Auszüge aus dem Eichrecht

Nachfolgend werden einige relevante Paragraphen des Eichgesetzes und der Eichordnung auszugsweise wiedergegeben:

- **§2 Abs. 1 Eichgesetz (EG):**

„Messgeräte, die im ...Strahlenschutz... verwendet werden, müssen zugelassen und geeicht sein...“

- **§2 Abs. 4 Eichordnung (EO):**

(4) Elektronische Personendosimeter, die für amtliche Überwachungsaufgaben zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle in den in Absatz 1 Nr. 1 Buchstabe a genannten Fällen verwendet werden, müssen

1. die Feststellung der gemessenen Personendosis mittels elektronischer Datenkommunikation zulassen,
2. mit Dosimetersonden und, soweit vorhanden, mit Anzeigegeräten versehen sein, die eine Bauartzulassung besitzen, und
3. auf Veranlassung der Leitung der Dosimetriestelle geeicht sein.

Die Feststellung der Personendosis muss durch die Dosimetriestelle mittels elektronischer Datenkommunikation erfolgen.

- **§ 9 EO: Zusatzeinrichtungen**

Von der Eichpflicht ausgenommen sind folgende Zusatzeinrichtungen, wenn sie keine Wirkung auf das Meßgerät ausüben können (rückwirkungsfreie Zusatzeinrichtungen): ...

2. im geschäftlichen Verkehr rückwirkungsfreie Zusatzeinrichtungen, die Meßwerte zusätzlich darstellen, wenn
 - a) das zugehörige Meßgerät oder eine zu dem Meßgerät gehörende andere geeichte Zusatzeinrichtung die ermittelten Meßwerte unverändert und unlöschar aufzeichnet oder speichert und
 - b) diese Meßwerte beiden von der Messung betroffenen Parteien zugänglich sind, ...
6. im amtlichen Verkehr, im Verkehrswesen und bei Meßgeräten nach § 2 Abs. 2 Nr. 4 und § 3 Abs. 1 Nr. 1 und 2 rückwirkungsfreie Zusatzeinrichtungen, die Meßwerte zusätzlich darstellen, wenn die Voraussetzungen nach Nummer 2 erfüllt sind oder der dargestellte Meßwert mit der Anzeige des zugehörigen Meßgerätes unmittelbar verglichen werden kann, ...

- **§ 39 EO: Zusatzeinrichtungen, Geräteverbindungen**

(1) Die vorschriftsmäßige Verwendung von Messgeräten darf durch den Anschluss von Zusatzeinrichtungen oder anderen Geräten nicht beeinträchtigt werden.

(2) Bei nicht vernachlässigbaren Rückwirkungen darf der Anschluss nur erfolgen, soweit dies bei der Zulassung der Zusatzeinrichtung oder bei der des Messgeräts geregelt ist.

- **§ 40 EO: Schutz gegen Eingriffe und Bedienungsfehler**

(1) Messgeräte müssen gegen eine Verfälschung von Messwerten durch Bedienungsfehler und Eingriffe hinreichend geschützt sein.

(2) Die richtige und zuverlässige Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Ausgabe der Daten muss unter den üblichen Betriebsbedingungen gewährleistet sein.

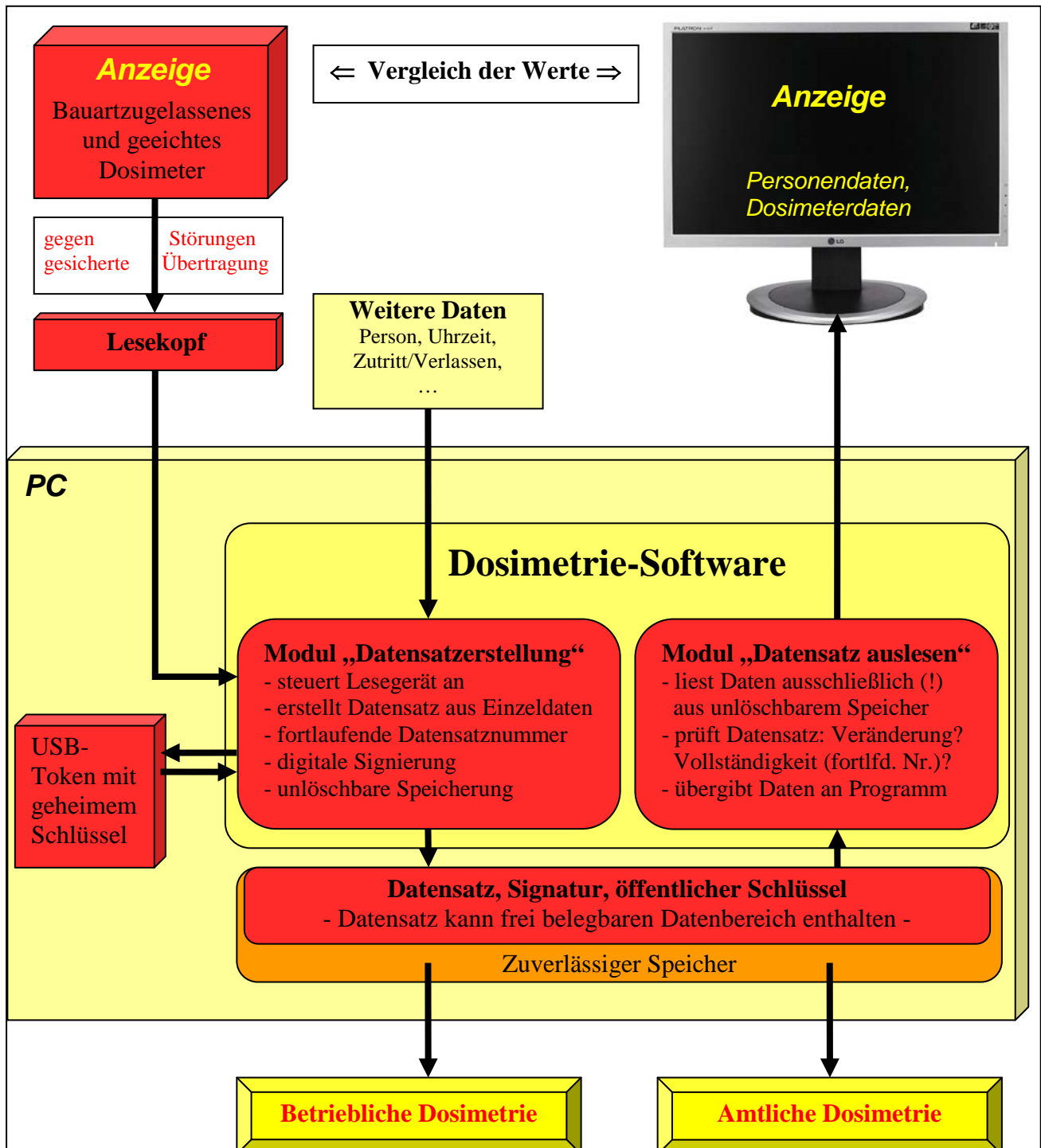
- **§ 26 EO: Änderung der zugelassenen Bauart**

(1) Der Inhaber einer von der Bundesanstalt erteilten Zulassung hat die Bundesanstalt über alle Änderungen zu unterrichten, die er an der zugelassenen Bauart vornehmen will.

(2) Änderungen einer zugelassenen Bauart und Anfügungen an Meßgeräte einer zugelassenen Bauart bedürfen einer Ergänzung zur Bauartzulassung, wenn sie die Meßergebnisse oder die normalen Verwendungsbedingungen des Meßgeräts beeinflussen oder beeinflussen können. Die Bundesanstalt darf nur solche Bauartzulassungen ergänzen, die sie selbst erteilt hat. ...

Anhang B: Konzept mit weiteren Details

Das im Abschnitt 2 vorgestellte Konzept wird noch einmal detaillierter präsentiert. Rot wurden diejenigen Komponenten gekennzeichnet, die ohne Zustimmung der PTB nur durch baugleiche ersetzt werden dürfen. Andernfalls ist ein Nachtrag zur Bauartzulassung erforderlich.



Die beiden rot gekennzeichneten bauartzugelassenen Softwaremodule müssen sich selbst auf Integrität überprüfen (z.B. per Prüfsumme) und nur nach bestandener Prüfung ausgeführt werden. An die übrigen Komponenten stellt die Bauartzulassung abstrakte Anforderungen, die nicht an konkrete technische Lösungen gekoppelt sind und folglich den Einsatz nicht baugleicher Teile zulassen.

Für ein zulassungsfähiges Lesegerät entsprechend dem präsentierten Konzept sind in der Bauartzulassung folgende Aussagen zu erwarten (alternativ können sie auch in der Gebrauchsanweisung enthalten sein, da diese ein Bestandteil der Bauartzulassung ist):

- Das Lesegerät wird als Anzeigegerät zugelassen für Dosimeter vom Typ
- Eichrechtlich relevant sind der Dosiswert im signierten Datensatz sowie die Dosisanzeige am Monitor.

Aufbau und Funktionsweise:

Das Lesegerät besteht aus folgenden Komponenten:

- Einem handelsüblichen PC mit Monitor und Betriebssystem ... (z.B. Windows XP / Vista)
- Einem Lesekopf des Typs ..., der mit dem PC verbunden ist
- Einem hinreichend zuverlässiger Speicher, bestehend aus ...
- Einem kryptographischen Token vom Typ ... zur digitalen Signierung der Datensätze
- Einem Gehäuse mit folgenden von außen zugänglichen Anschlüssen:

Software:

Auf dem PC ist die Dosimetriesoftware „...“ installiert. Die Installation weiterer Software ist zulässig, solange sie nicht Aufgaben des eichtechnischen Teils der Dosimetriesoftware „...“ übernimmt oder beeinträchtigt. Der eichtechnische Teil der Dosimetriesoftware „...“ besteht aus zwei bauartzugelassenen Modulen:

- Modul „Datensatzerstellung“
Dieses Modul steuert den Lesekopf an, nimmt die Dosimeterdaten (Dosis + Einheit, Seriennummer, Dosimetertyp, ...) entgegen, nimmt weitere Daten entgegen (Uhrzeit, Personendaten, ...), generiert eine fortlaufende Nummer, die den Datensatz eindeutig identifiziert, fasst alle Daten zu einem Datensatz zusammen, signiert den Datensatz mittels des kryptographischen Tokens und speichert den Datensatz mit Signatur und öffentlichem Schlüssel im zuverlässigen Speicher ab. Jedes Lesegerät besitzt einen individuellen öffentlichen Schlüssel, der das Lesegerät (ähnlich einer Seriennummer) eindeutig identifiziert. Das Modul hat die Prüfsumme
- Modul „Datensatz_auslesen“
Dieses Modul liest einen Datensatz aus dem zuverlässigen Speicher, überprüft ihn anhand der fortlaufenden Nummer, der digitalen Signatur und des öffentlichen Schlüssels auf Authentizität und stellt die folgenden Daten ... (Uhrzeit, Dosis + Einheit, Dosimetertyp und Seriennummer, Personenzuordnung, ...) auf dem Monitor dar. Das Modul hat die Prüfsumme

Die Dosimetriesoftware benutzt für die genannten Aufgaben ausschließlich die beiden genannten Module. Bei jedem Start werden die Prüfsummen beider Module berechnet, am Monitor angezeigt und von der Dosimetriesoftware auf Gleichheit mit den zugelassenen Prüfsummen geprüft. Bei falscher Prüfsumme wird die Dosimetriesoftware mit einer eindeutigen Fehlermeldung beendet. Die berechnete Prüfsumme des Moduls „Datensatzerstellung“ wird mit den übrigen Daten im Datensatz abgespeichert.

Eichtechnische Prüfung:

- eichtechnische Sicherung des kryptographischen Tokens
(Anmerkung: ggf. sind weitere Sicherungen erforderlich)
- Sichtprüfung, ob das Lesegerät der Bauartzulassung entspricht
- messtechnische Überprüfung, ob die Anzeige am Dosimeter und die Anzeige am Monitor überein stimmen und die Personendaten korrekt zugeordnet werden

Anhang C: Digitale Datensignierung / Überprüfung auf Veränderung

Stand der Technik sind mathematisch anerkannte Signieralgorithmen. Sie sind auch in Hardware verfügbar (z.B. kryptographische Token) und können in bestehende Systeme integriert werden.

Bei der digitalen Datensicherung wird zunächst der Hashwert des Datensatzes („Prüfsumme“) berechnet. Er ist ein sicherer Indikator, ob der Datensatz geändert wurde. Er ist aber nicht fälschungssicher. Aus dem Hashwert wird mit Hilfe eines geheimen Schlüssels und anerkannter mathematischer Verfahren eine fälschungssichere Signatur berechnet. Diese Signatur wird gemeinsam mit dem Datensatz gespeichert und übertragen.

Die Unverändertheit des Datensatzes und die Herkunft können jederzeit mit Hilfe eines öffentlich bekannten Schlüssels und der Signatur überprüft werden.

