

DIN EN 13160-5



ICS 23.020.10

**Leckanzeigesysteme –
Teil 5: Tankinhalts-Leckanzeigesysteme;
Deutsche Fassung EN 13160-5:2004**

Leak detection systems –
Part 5: Tank gauge leak detection systems;
German version EN 13160-5:2004

Systèmes de détection de fuites –
Partie 5: Systèmes de détection de fuites au moyen de jauges automatiques en citernes;
Version allemande EN 13160-5:2004

Gesamtumfang 34 Seiten

Normenausschuss Tankanlagen (NATank) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 221 „Werksgefertigte Tanks und Ausrüstungen für Lagertanks und für Tankstellen“ (Sekretariat: Deutschland) erarbeitet.

Der Arbeitsausschuss 2.03 „Leckanzeigergeräte“ im Normenausschuss Tankanlagen (NATank) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war an der Erstellung des Norm-Entwurfs beteiligt.

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an Leckanzeigesysteme der Klasse IV für den Einsatz an Tanks zur Lagerung von Mineralölkraftstoffen mit einem Flammpunkt bis 100 °C fest.

Tankinhalts-Leckanzeigesysteme erfassen und bewerten die geregelte Abgabe und Zuführung von Produkten zum überwachten Tank und lösen bei Überschreitung festgelegter Leckraten (ungeregelte Abgabe und Zuführung von Produkten zum überwachten Tank) mit 95%iger Wahrscheinlichkeit einen Alarm aus. Die Typprüfung dieser Systeme hat unter Verwendung einer Standard-Datenbank zu erfolgen.

Die Belegung der Datenfelder zur Bildung dieser Standard-Datenbank wird im normativen Anhang A geregelt.

Deutsche Fassung

Leckanzeigesysteme —
Teil 5: Tankinhalts-Leckanzeigesysteme

Leak detection systems —
Part 5: Tank gauge leak detection systems

Systèmes de détection de fuites —
Partie 5 : Systèmes
de détection de fuites au moyen de gauges automatiques
en citernes

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Juli 2004 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Abkürzungen	4
3.1 Begriffe.....	4
3.2 Abkürzungen	5
4 Allgemeines	5
5 Dynamische Leckanzeige (Kategorie A)	6
6 Statische Kurzzeit-Leckanzeige [Kategorie B (1)]	6
7 Statische Tankinhalts-Leckanzeige [Kategorie B (2)]	6
8 Leckanzeigeeinrichtung	6
9 Verfahren für die Typprüfung von Leckanzeigesystemen unter Verwendung von Tankinhaltsangaben für die Kategorien A und B(1)	6
9.1 Ziel der Prüfung.....	6
9.2 Prüfausrüstung.....	8
9.3 Prüfverfahren.....	8
9.4 Analyse der Prüfergebnisse und Prüfbericht.....	13
9.5 Statistische Analyse	13
10 Verfahren für die Typprüfung von Tankinhalts-Leckanzeigesystemen der Kategorie B(2)	19
10.1 Ziel der Prüfung.....	19
10.2 Bewertung.....	19
10.3 Prüfausrüstung.....	19
10.4 Prüfverfahren.....	20
10.5 Prüfergebnisse	23
10.6 Statistische Analyse	23
Anhang A (normativ) Belegung der Datenfelder zur Bildung der Standard-Datenbank für die Prüfung programmgesteuerter Leckanzeigesysteme der Kategorien A und B(1)	25
A.1 Ziel	25
A.2 Anforderungen	26
A.3 Ausrüstung	27
A.4 Verfahren.....	28
A.5 Datenspeicherung und Verifizierung	31
Literaturhinweise	32

Tabellen

Tabelle 1 — Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit für Leckanzeige-Kategorien	5
Tabelle 2 — Auswahl der Dateien nach Tankvolumen und Temperatur im Schatten	9
Tabelle 3 — Prüfreihefolge für Leckanzeigesysteme der Kategorien A und B(1)	12
Tabelle 4 — Zusammenfassung der Ergebnisse aus qualitativer Bewertung	16
Tabelle 5 — Reihenfolge der Prüfungen für die Leckanzeige — Kategorie B(2)	22
Tabelle A.1 — Parameterbereich	27

Vorwort

Dieses Dokument EN 13160-5:2004 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 221 „Werkgefertigte Tanks aus metallischen Werkstoffen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2005 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm besteht aus 7 Teilen:

Leckanzeigesysteme;

- *Teil 1: Allgemeine Grundsätze*
- *Teil 2: Über- und Unterdrucksysteme*
- *Teil 3: Flüssigkeitssysteme für Tanks*
- *Teil 4: Flüssigkeits- und/oder Gassensorensysteme in Leckage- und Überwachungsräumen*
- *Teil 5: Tankinhalts-Leckanzeigesysteme*
- *Teil 6: Sensoren in Überwachungsschächten*
- *Teil 7: Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren für Überwachungsräume, Leckschutzauskleidungen und Leckschutzummantelungen*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an Leckanzeigesysteme – Klasse IV für den Einsatz mit nur den Flüssigkeiten fest, die im Anwendungsbereich von EN 13352 definiert worden sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 228, *Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge — Unverbleite Ottokraftstoffe — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 590, *Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge — Dieselmotorkraftstoff — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 976-1, *Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) — Liegende zylindrische unterirdische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis — Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 12285-1, *Werkgefertigte Tanks aus Stahl — Teil 1: Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur unterirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten*

EN 13160-1:2003, *Leckanzeigesysteme — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

EN 13160-2, *Leckanzeigesysteme — Teil 2: Überdruck- und Unterdrucksysteme*

EN 13160-3, *Leckanzeigesysteme — Teil 3: Flüssigkeitssysteme für Tanks*

EN 13160-4, *Leckanzeigesysteme — Teil 4: Flüssigkeits- und/oder Gassensorensysteme in Leckage- und Überwachungsräumen*

EN 13160-6, *Leckanzeigesysteme — Teil 6: Sensoren in Überwachungsschächten*

EN 13352:2002, *Anforderungen an automatische Tankinhaltsmessgeräte*

EN 28601, *Datenelemente und Austauschformate — Informationsaustausch — Darstellung von Datum und Uhrzeit (ISO 8601:1988 und Technical Corrigendum 1:1991)*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN 13160-1:2003 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe

3.1.1

quantitative Ausgabe

eine numerische Angabe der geschätzten Leckrate bei einer vorgegebenen Prüfung.

3.1.2

qualitative Ausgabe

Rückmelde-/Fehleranzeige bei einer vorgegebenen Prüfung bezogen auf eine festgelegte Leckrate

3.2 Abkürzungen

B	die systematische Abweichung
LL	die untere Vertrauensgrenze für die Wahrscheinlichkeit einer Anzeige
UL	die obere Vertrauensgrenze für die Wahrscheinlichkeit einer Anzeige
MSE	der mittlere quadratische Fehler
PD	die Wahrscheinlichkeit einer Leckerkennung
PFA	die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms
$PI(gesamt)$	der Anteil ungültiger Datensätze an den gesamten Datensätzen
$PI(undicht)$	der Anteil ungültiger Datensätze bei undichten Tanks
$PI(dicht)$	der Anteil ungültiger Datensätze bei dichten Tanks
R	die simulierte Leckrate
C	das Kriterium oder der Schwellwert für die Anzeige eines Lecks
B	die geschätzte systematische Abweichung des Systems
SD	die Standardabweichung
t_b	der systematische Fehler des t -Tests mit zwei Stichproben

4 Allgemeines

Die allgemeinen Grundsätze müssen EN 13160-1 entsprechen.

Tankinhalts-Leckanzeigesysteme müssen in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- Kategorie A: Systeme für die Leckanzeige an Tanks und Rohrleitungen, die mit dem Tank verbunden sind;
- Kategorie B: Systeme, die nur für die Leckanzeige an Tanks eingesetzt werden.

Die Mindestanforderungen an die Gebrauchstauglichkeit jeder Kategorie sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 — Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit für Leckanzeige-Kategorien

Kategorie	Leckrate $l \cdot h^{-1}$	Maximale Anzeigedauer
A Dynamische Leckanzeige	4,0	24 Stunden
	2,0	7 Tage
	0,8	14 Tage
B(1) Statistische Kurzzeit-Leckanzeige	4,0	24 Stunden
	2,0	7 Tage
	0,8	14 Tage
B(2) Statische Leckanzeige	0,4	6 Stunden

Zusätzlich zu den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit in Abhängigkeit von den nach Tabelle 1 festgelegten Leckraten muss das Tankinhalts-Leckanzeigesystem in der Lage sein, einen großen Verlust ab 300 l innerhalb einer Zeit von maximal 30 min anzuzeigen.

Jedes Inhaltsanzeigesystem, das an jeder Kategorie einer Leckanzeige eingesetzt wird, muss die Möglichkeit eines Wassernachweises nach EN 13352 besitzen.

5 Dynamische Leckanzeige (Kategorie A)

Bei dieser Kategorie muss das Leckanzeigesystem bei der Entnahme des im Tank gelagerten Produkts mit dem Messsystem in Verbindung stehen, um Einzelheiten über sämtliche dem Tank entnommenen Volumina zu erhalten. Bei der nach Tabelle 1 festgelegten Leckrate muss das System eine Wahrscheinlichkeit der Leckerkennung von mindestens 95 % besitzen, während die Fehlalarmhäufigkeit 5 % nicht übersteigen darf.

6 Statische Kurzzeit-Leckanzeige [Kategorie B (1)]

Bei dieser Kategorie muss das System in der Lage sein, die nach Tabelle 1 festgelegte Leckrate mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95 % anzuzeigen und mit einer Fehlalarmhäufigkeit von 5 % oder weniger zu arbeiten.

7 Statische Tankinhalts-Leckanzeige [Kategorie B (2)]

Bei dieser Kategorie muss das System in der Lage sein, die nach Tabelle 1 festgelegte Leckrate mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95 % anzuzeigen und mit einer Fehlalarmhäufigkeit von 5 % oder weniger zu arbeiten, wenn dem Tank weder ein Produkt zugeführt noch ein Produkt entnommen wird.

8 Leckanzeigeeinrichtung

Eine Leckanzeigeeinrichtung muss vorgesehen werden. Zusätzlich müssen bei den Kategorien A und B die Anforderungen an Inhaltsanzeigergeräte nach EN 13552 erfüllt werden. Ein Alarm muss immer dann ausgelöst werden, wenn die nach Tabelle 1 festgelegte oder eine höhere Leckrate festgestellt wird.

Wenn die Gebrauchstauglichkeit nach Tabelle 1 nicht mit den geforderten Wahrscheinlichkeitsniveaus erreicht werden kann, müssen die Ergebnisse als nicht schlüssig angegeben werden.

9 Verfahren für die Typprüfung von Leckanzeigesystemen unter Verwendung von Tankinhaltsangaben für die Kategorien A und B(1)

9.1 Ziel der Prüfung

9.1.1 Ziel dieser Prüfung ist es, die Eignung von programmgesteuerten Leckanzeigesystemen zu bewerten, die Tankinhaltsangaben für die Anzeige des Verlustes gelagerter Produkte verwenden von:

bei Kategorie A dem Lagertank und/oder dem Entnahmerohrleitungsnetz oder

bei Kategorie B(1) einem Lagertank.

Die Prüfungen werden durchgeführt, um zu bestimmen:

9.1.1.1 dass bei einer festgestellten Leckrate von $4 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ innerhalb von 24 Stunden die Wahrscheinlichkeit der Leckerkennung nicht kleiner als 95 % und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarmes nicht größer als 5 % sein darf;

9.1.1.2 dass bei einer festgestellten Leckrate von $2 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ innerhalb von 7 Tagen die Wahrscheinlichkeit der Leckerkennung nicht kleiner als 95 % und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarmes nicht größer als 5 % sein darf;

9.1.1.3 dass bei einer festgestellten Leckrate von $0,8 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ innerhalb von 14 Tagen die Wahrscheinlichkeit der Leckerkennung nicht kleiner als 95 % und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarmes nicht größer als 5 % sein darf.

In jedem Fall werden die Prüfungen im Anschluss an eine Initialisierungsperiode durchgeführt, die einem Betrieb mit einer Dauer von maximal 28 Tagen entspricht, während der das zu prüfende System ohne simulierte Leckagen bestimmungsgemäße Betriebsdaten verarbeitet.

9.1.2 Das zu prüfende System wird mit Daten geprüft, die aus einer nach Anhang A angelegten und vorher aufgezeichneten Datenbank für Normprüfungen geliefert werden und die (je Tank) jeden der folgenden Bereiche enthalten:

- 9.1.2.1** Tagestemperatur im Schatten: $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+30 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 9.1.2.2** Volumen des Lagertanks: 10 000 l bis 50 000 l;
- 9.1.2.3** Mittlerer Tagesdurchsatz (je Tank): 1 000 l bis 12 000 l je Tag;
- 9.1.2.4** Nachfüllvolumen je Tank: 2 750 l bis 500 l;
- 9.1.2.5** Nachfülltemperatur: $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 9.1.2.6** Nachfüllhäufigkeit: 2mal bis 7mal je Woche;
- 9.1.2.7** Präzision eines Einzelzapfgerätes: $-0,3 \text{ } \%$ bis $+0,3 \text{ } \%$ des abgezapften Volumens.

9.1.3 Das zu prüfende System muss für den Einsatz mit Datenbankdateien geeignet sein, die mindestens 9.1.3.1 oder 9.1.3.2 entsprechen sowie wahlweise 9.1.3.3, 9.1.3.4, 9.1.3.5 und/oder 9.1.3.6:

9.1.3.1 Unterdruckentnahmesysteme (wenn eine hydraulische Pumpeinrichtung im Zapfgerät enthalten ist);

9.1.3.2 Überdruckentnahmesysteme (wenn das Produkt aus dem Tank zum Zapfgerät mit einer externen Pumpe übertragen wird);

9.1.3.3 Mischzapfgeräte (wenn das Produkt aus zwei oder mehr Tanks im Zapfgerät gemischt wird);

9.1.3.4 Tankverteilersysteme (wenn zwei oder mehr Tanks so miteinander verbunden sind, dass die Entnahme des Kraftstoffs aus den Tanks unabhängig voneinander erfolgen kann);

9.1.3.5 Tanksiphonsysteme (wenn zwei oder mehr Tanks so miteinander verbunden sind, dass die Entnahme des Kraftstoffs aus den einzelnen Tanks nicht unabhängig voneinander erfolgen kann);

9.1.3.6 wahlweise Entnahme (mindestens 2 Zapfgeräte je Tank, mit Unter- oder Überdruck arbeitend).

9.1.4 Das zu prüfende System muss für die Anwendung als Leckanzeigesystem der Kategorie A oder Kategorie B(1) geeignet sein.

9.1.5 Das zu prüfende System muss für die Anwendung von Werten geeignet sein, die jeder Art der Produkte entsprechen, in denen die Leckanzeige ausgeführt wird, z. B. unverbleite Ottokraftstoffe nach EN 228, Diesellochstoff nach EN 590.

9.2 Prüfausrüstung

9.2.1 Folgende Prüfausrüstung ist erforderlich:

9.2.1.1 Computer mit zugehöriger Datenübertragungsperipherie.

9.2.1.2 Software für Lecksimulation und Datenanalyse, die notwendig ist, um die genormten Datenbankdateien für die Prüfung zu verarbeiten und Lecks, wie in 9.3 beschrieben, als Daten zu simulieren, sowie an die Software des zu prüfenden Tanks Daten zu liefern.

9.3 Prüfverfahren

9.3.1 Ziel

Ziel des Prüfprogramms ist die Überprüfung, ob das zu prüfende System die Ergebnisse der Leckprüfung entsprechend den in 9.1.1 angegebenen Kriterien zurückmeldet, wenn Daten aus der Datenbank für die Prüfungen von der Leckanzeige-Software verarbeitet werden, nachdem Modifikationen für die Simulation von unterschiedlichen Leckraten vorgenommen worden sind.

Der Hersteller muss das zu prüfende System als maschinenlesbare Software bereitstellen, die Dateien aus der Datenbank für die Prüfungen einlesen und verarbeiten kann. Diese Dateien werden in einem Standardformat bereitgestellt (siehe Anhang A) und müssen ohne jede Vorverarbeitung kompatibel sein.

Die geforderte Initialisierungsperiode für das zu prüfende System, die 28 Tage nicht überschreiten darf, muss vom Hersteller vorgegeben werden.

9.3.2 Sortierung und Auswahl der Dateien

Aus der genormten Datenbank ist eine Gruppe von Dateien auszuwählen, die geeignete Daten für die in 9.1.3, 9.1.4 und 9.1.5 aufgeführten Anwendungen enthält, für die sich das zu prüfende System eignen muss.

Für jedes Entnahmesystem und jeden Kraftstoff müssen die ausgewählten Dateien folgende Bedingungen erfüllen:

Für jedes der in 9.1.3 aufgeführten Entnahmeverfahren und jeden in 9.1.5 aufgeführten Kraftstoff sollten zwischen 25 % und 75 % der ausgewählten Dateien von Tanks genommen werden, für die diese Art des Entnahmesystems oder Kraftstoffs Anwendung findet. Eine Datei darf zwei oder mehr Anwendungen abdecken, z. B. Verteilertank mit Überdruckentnahme über Mehrfachzapfgeräte.

Die zu prüfenden Leckanzeigesysteme liefern quantitative oder qualitative Ausgabedaten. Qualitative Ausgabedaten liefern eine Rückmelde-/Fehleranzeige nach Tabelle 1.

Der minimale Stichprobenumfang der Dateien, der für jede dieser Arten erfasst werden muss, beträgt:

9.3.2.1 Systeme mit quantitativen Ausgabedaten: ≥ 100 Dateien (nicht mehr als 15 aus ein und demselben Tank);

9.3.2.2 Systeme mit qualitativen Ausgabedaten: ≥ 240 Dateien (nicht mehr als 36 aus ein und demselben Tank).

Die Datenbankdateien müssen so sortiert werden, dass sie eine geordnete Datenreihe bilden, die in 5 gleiche Gruppen entsprechend dem 20., 40., 60. und 80. Perzentil des aufgezeichneten Bereichs der Temperatur im Schatten unterteilt werden. Jede dieser 5 Gruppen muss nochmals in 3 gleiche Gruppen entsprechend dem

33. und 67. Perzentil des aufgezeichneten Bereichs der Tankgrößen so unterteilt werden, dass diese Untergruppen unabhängig für jede der fünf Gruppen bestimmt werden.

Bei einem System, das quantitative Ausgabedaten liefert, müssen nach dem Zufallsprinzip 3 Dateien aus jeder der 15 Untergruppen ausgewählt werden, um eine Stichprobe mit 45 Dateien für die anschließende Bewertung bereitzustellen.

Bei einem System, das qualitative Ausgabedaten liefert, müssen nach dem Zufallsprinzip 8 Dateien aus jeder der 15 Untergruppen ausgewählt werden, um eine Stichprobe mit 120 Dateien für die anschließende Bewertung bereitzustellen.

Beispiel: Bei erfassten Daten für die Bereiche der Temperatur im Schatten und der Tankvolumina, wie in 9.1.2.2 und 9.1.2.3 festgelegt, sind die Dateien nach Tabelle 2 zu sortieren, und n Dateien werden wie dargestellt aus jeder Untergruppe ausgewählt, wobei in quantitativen Systemen $n = 3$ und in qualitativen Systemen $n = 8$ ist.

Tabelle 2 — Auswahl der Dateien nach Tankvolumen und Temperatur im Schatten

Tank-volumen	Temperatur im Schatten				
	–5 °C bis 20. Perzentil	20. bis 40. Perzentil	40. bis 60. Perzentil	60. bis 80. Perzentil	80. Perzentil bis 30 °C
10 000 Liter bis 33. Perzentil	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip
33. bis 67. Perzentil	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip
67. Perzentil bis 50 000 Liter	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip	Auswahl von n Dateien nach dem Zufallsprinzip

9.3.3 Simulierte Lecks im Tank (konstant)

Lecks in Tanks werden als ununterbrochener Verlust des Produktes aus dem Tank mit einer konstanten Leckrate simuliert. In einem Datensatz wird die Zahl, die das Volumen des gelagerten Produkts angibt, auf einen Wert verringert, der gleich der Menge des Produktverlustes bei einer festgelegten Rate während der Dauer zwischen Aufzeichnung und vorherigem Wert ist. Die simulierten Verluste sämtlicher vorheriger Zeitabschnitte werden addiert und die Gesamtsumme von der Zahl subtrahiert, die das gespeicherte Volumen angibt. Die addierten Verluste werden als Übertrag bei jeder Nachfüllung berücksichtigt, so dass sich die subtrahierte Zahl monoton vergrößert.

Deshalb wird die Zahl für das Volumen v_i der i -ten Aufzeichnung durch v_i' ersetzt und mit Gleichung (1) berechnet:

$$v_i' = v_i - \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1}) R \quad (1)$$

Dabei ist

R die simulierte Leckrate;

t_j die Zeitmarke der j -ten Aufzeichnung;

t_{j-1} die Zeitmarke des Vorgängers der j -ten Aufzeichnung.