

7. Entwicklung einer Datenkonzeption

7.1 Vorgehensweise und allgemeine Datenstrukturierung

Für die Lösung der Aufgabenstellungen bei der Projektierung und dem Betrieb von Fernleitungsanlagen sowie für die Durchführung der Risiko- und Zuverlässigkeitsanalyse sind ausreichende Informationen über die anlagen- und umgebungsspezifischen Bedingungen erforderlich. Viele dieser Informationen können durch die Erfassung und Auswertung von Daten gewonnen werden, die in den einzelnen Lebensphasen einer Pipelineanlage anfallen bzw. ermittelt werden müssen. Die Ergebnisse der sicherheitstechnischen Analysen und die Gestaltung von Fernleitungsanlagen hängt erheblich von der Qualität und der Vollständigkeit der Informationen ab. Der Entwurf einer angepaßten Datenstruktur sowie die Entwicklung einer Konzeption zur Datenerfassung sind damit grundlegende Voraussetzungen zur Lösung der im Rahmen dieser Arbeit gestellten Aufgaben und vervollständigen so die gefundenen Untersuchungsergebnisse. So eröffnet die Durchführung der Zuverlässigkeitsanalyse unter Verwendung konkreter anlagenspezifischer Zuverlässigkeitskenngrößen die Möglichkeit, während des Betriebes der Anlage das Sicherheitsniveau zu erhalten und zu erhöhen, da evtl. vorhandene Schwachstellen in den Sicherheitssystemen ermittelt und beseitigt werden können. Des weiteren ist eine Optimierung der Inspektionsstrategie möglich.

Derzeit werden bei Pipelineanlagen in der Planungsphase vorwiegend Daten und Informationen für die Anlagenauslegung und für durchzuführende Genehmigungs- und Erlaubnisverfahren sowie in der Betriebsphase Daten zum Anlagezustand im Rahmen von Betriebsaufzeichnungen und Inspektionsprotokollen ermittelt. Die Ergebnisse der Datenauswertung münden insbesondere in die Nachweisführung der Betriebssicherheit (gegenüber Behörden und Dritten) sowie Festlegung von Reparatur- und Wartungsschwerpunkten.

In Abhängigkeit der Informationsquelle und des zu untersuchenden Sachverhaltes können grundsätzlich folgende **Datenarten** unterschieden werden:

- ⇒ Betriebsdaten
- ⇒ Umgebungsdaten
- ⇒ Anlagenspezifikationen
- ⇒ Stoffdaten
- ⇒ Inspektionsergebnisse
- ⇒ Ausfälle/Störungsmeldungen

Bei der Datenermittlung stehen differenzierte Informationsquellen und Hilfsmittel zur Verfügung. Die Möglichkeiten der Datenerfassung orientieren sich jedoch daran, ob die Anlage sich in der Projektierungsphase, Betriebsphase oder Inspektionsphase befindet. Im wesentlichen werden die Daten aus folgenden **Quellen** ermittelt:

- ⇒ Betriebsaufzeichnungen
- ⇒ Trassenbegehungen, -befahrungen, -befliegungen
- ⇒ Anlagendokumentation
- ⇒ Stoffdatenbanken, Stoffdatenblätter, Stoffanalysen /160, 161/
- ⇒ Prüfberichte, Meßergebnisse
- ⇒ Schadensberichte
- ⇒ Spezifische Datenbanken (z.B. Zuverlässigkeitskenngrößen) /124, 125/

Die konkrete Datenstrukturierung muß unter Berücksichtigung der **Aufgabenstellung** erfolgen, da die weitere Verarbeitung der erfaßten Daten davon abhängig ist:

- ⇒ Trassenplanung
- ⇒ Auswahl und Gestaltung der Sicherheitssysteme
- ⇒ Projektierung und Dimensionierung der Pipeline
- ⇒ Planung der Gefahrenabwehr
- ⇒ **Risikoanalyse**
- ⇒ **Zuverlässigkeitsanalyse**
- ⇒ Restlebensdauerermittlung
- ⇒ Festlegung der Inspektions- und Instandsetzungsstrategie

7.2 Datenkonzept zur Risikoanalyse

Voraussetzung für die Durchführung der Risikoanalyse ist, daß die erforderlichen Informationen, insbesondere zur Bewertung der Risikoparameter, zur Verfügung stehen. Dazu ist es notwendig, eine Struktur festzulegen, in der die erfaßten Daten eingeordnet und im weiteren aufgearbeitet werden können. Damit werden Grundlagen für eine rechnergestützte Risikoanalyse geschaffen, mit dem Vorteil, daß sich ändernde Bedingungen (Umgebungsbedingungen, Anlagenzustand) sicherheitstechnisch eingeschätzt werden können und kurzfristig darauf reagiert werden kann.

Bei der Risikoanalyse werden grundsätzlich anlagen- und umgebungsbezogene Daten unterschieden. Dabei sind die System- und Umgebungsdaten zu erfassen, die zur Bewertung der Risikoparameter zur Ermittlung der Leckageeintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes erforderlich sind. Weiterhin ist zu differenzieren, ob die Risikobewertung in der Planungs- bzw. Projektierungsphase oder bei einer betriebenen Anlage durchgeführt wird. Bei neu projektierten Pipelineanlagen ist davon auszugehen, daß durch die Umsetzung des Standes der Technik in Verbindung mit einer umfassenden Qualitätssicherung bei der Konstruktion, Dimensionierung, Herstellung und Verlegung sowie wegen der fehlenden Betriebsdauer Daten zum Systemzustand (z.B. Fehlstellen, Dimensionierungsfehler, Alterungszustand, Korrosionszustand) weniger relevant sind. Ein einwandfreier Systemzustand wird vorausgesetzt, so daß neben den grundsätzlich einzubeziehenden Systemdaten vor allem die Trassenbedingungen wesentlich sind.

Bei seit längeren betriebenen Pipelinesystemen sind jedoch die anlagenbezogenen Daten einzubeziehen, die den vorwiegend Betriebsdauerabhängigen Systemzustand charakterisieren. Die Datenstruktur für eine Risikobewertung ist in folgender Abbildung zusammengefaßt.

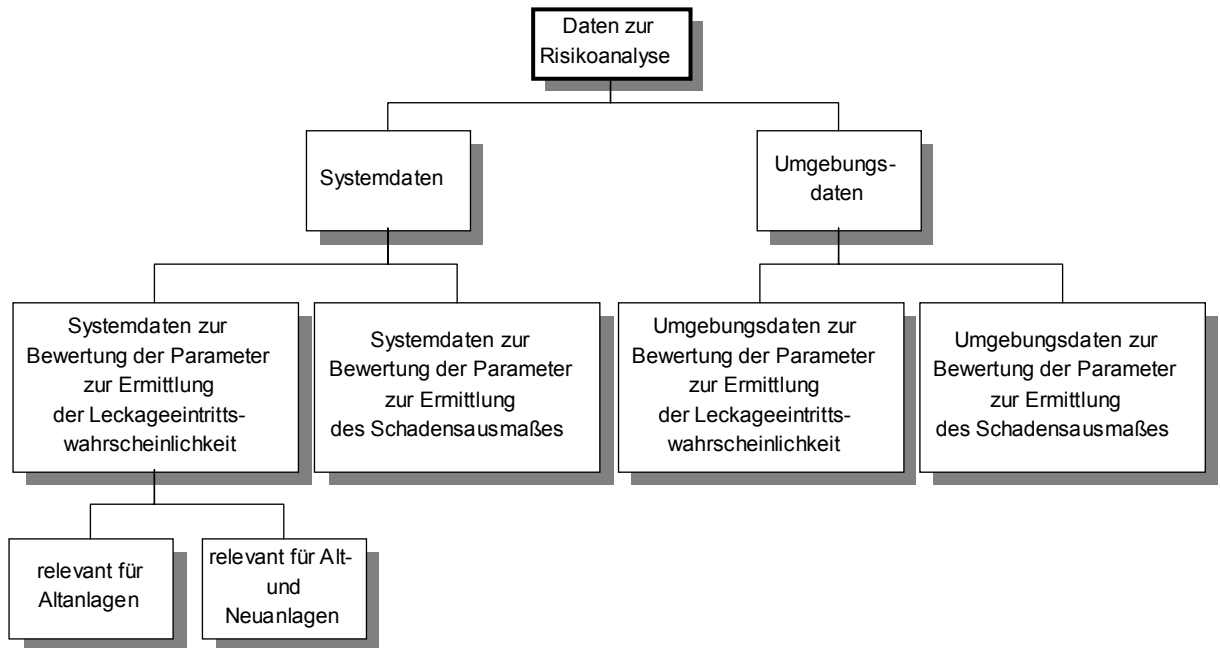


Abbildung 7.1.: Datenstruktur für die Risikoanalyse

Eine Zusammenstellung der wesentlichen Daten, die für die Risikobewertung zu erfassen sind, ist in Anlage 8 enthalten.

Es ist zu berücksichtigen, daß die Risikoanalyse trassenabschnittsbezogen erfolgt, weshalb eine Segmentierung der Anlage vorgenommen wird. Demzufolge müssen die ermittelten bzw. vorliegenden leitungs- und umgebungsbezogenen Daten den festgelegten Pipelineabschnitten zugeordnet werden, mit Ausnahme von den Daten, die für die gesamte Pipeline gelten (z.B. Eigenschaften des Transportstoffes, Werkstoffdaten). Die Dokumentation sollte in geeigneter Form, z.B. anhand einer Tabelle erfolgen:

Tabelle 7.1: Daten für die Bewertung der Risikoparameter zur Bestimmung der Leckagewahrscheinlichkeit (beispielhaft)			
Pipelinesegment	Trassenabschnitt	Trassenabschnitt	
	km 0-15	km 15-20	
Daten			
Umgebungsdaten			
min. Abstand zu Bebauungen	450 m Bauernhof	150 m Wohnsiedlung	
Straßenkreuzungen vorhanden	4 x 2 Landstraßen; geringe Verkehrsfrequenz 2 Bundesstraßen	1 x Bundesautobahn	
Systemdaten			
max. Korrosionsabtrag	< 1 mm unkritisch	max. 3 mm kritisch	
Fehlstellen	vorhanden, aber unkritisch	keine	

In gleicher Art sind die Daten zuzuordnen, die für die Bewertung der Parameter zur Ermittlung des Schadensausmaßes erforderlich sind.

Die Informationen über die Umgebungsbedingungen sind anhand von Kartenmaterial bzw. Trassenplänen zu ermitteln, müssen jedoch durch regelmäßige Trassenbegehungen/ -befahrungen oder -befliegungen bestätigt und ständig aktualisiert werden.

Informationsquellen für die Systemdaten sind Betriebsaufzeichnungen, Anlagendokumente, Konstruktionsunterlagen sowie Ergebnisse durchgeführter Prüfungen (Molchungen, Materialprüfungen, Messungen usw.).

7.3 Datenkonzept zur Zuverlässigkeitsanalyse

Liegen für Untersuchungen zur Zuverlässigkeit sicherheitstechnischer Systeme keine Werte für die Zuverlässigkeitskenngrößen vor, ist es nur möglich, einen Variantenvergleich verschiedener Strukturen unter Verwendung gleichartiger Systemelemente vorzunehmen. Besteht die Aufgabe jedoch darin, die Zuverlässigkeit unterschiedlicher Sicherheitssysteme zu vergleichen oder die Inspektionsstrategie für diese sicherheitstechnischen Systeme zu optimieren, sind Werte für die Zuverlässigkeitskenngrößen erforderlich. Die für die Zuverlässigkeitsanalyse notwendigen Kenngrößen sind im wesentlichen die Ausfallraten der technischen Komponenten λ_{si} , die Forderungsraten der Sicherheitssysteme λ_p sowie die Inspektionsintervalle τ .

Mit Hilfe der Datenkonzeption ist festzulegen, für welche Komponenten des Sicherheitssystems eine Datenerfassung durchzuführen ist und welche Informationen zu erfassen sind. Die Auswertung der erfassten Daten erfolgt unter Anwendung gängiger statistischer Verfahren /129/. Im Ergebnis erhält man die erforderlichen Eingangsdaten für die Durchführung der Zuverlässigkeitsanalyse.

Die Ermittlung und Bereitstellung der Kenngrößen ist eine komplexe Aufgabe. Die notwendigen mathematisch-statistischen und experimentellen Verfahren zur Gewinnung und Auswertung von Primärdaten sind in der Literatur allgemein bzw. für spezifische Anwendungsfälle beschrieben /3, 12, 14, 15/. Untersuchungen zu den Zuverlässigkeitskenngrößen für verschiedene Grundausrüstungen (Pumpen, Armaturen, Meß- und Regeleinrichtungen) wurden u.a. in /124, 125, 127, 128/ zusammenfassend veröffentlicht. Sofern keine Daten aus der Literatur oder elektronischen Datenbanken verfügbar sind, besteht die Notwendigkeit, die Zuverlässigkeitskenngrößen anlagenspezifisch durch Erfassung und Auswertung von Primärdaten zu ermitteln. Die Datenermittlung und -auswertung ist sehr aufwendig und nur mit Hilfe eines geeigneten und an das konkrete Anlagensystem angepaßten Konzeptes durchzuführen.

Die erforderlichen Primärdaten werden durch Beobachten der Ausfälle der Komponenten der Sicherheitssysteme während einer vorgegebenen Betriebsdauer ermittelt. Eine Auswertung kann jedoch erst erfolgen, wenn die Anzahl der Ausfälle vergleichbarer Komponenten unter ähnlichen Betriebsbedingungen ausreichend groß ist. Obwohl die Ausfälle nach Ausfallarten unterschieden werden sollten, ist grundsätzlich ein Totalausfall zugrunde zu legen, was eine konservative Abschätzung für die Ausfallraten ermöglicht. Dabei werden folgende Vereinfachungen vereinbart:

- alle betrachteten vergleichbaren Komponenten weisen dasselbe Ausfallverhalten auf
- die Komponenten werden unmittelbar nach ihrem Ausfall repariert oder ersetzt
- die Ausfallraten sind während des Beobachtungszeitraumes konstant

Es sind folgende Ausfallereignisse zu berücksichtigen:

Primärausfall:

Ausfall der Komponente selbst, bei zulässigen Einsatzbedingungen und erfüllten Schnittstellen

Sekundärausfälle:

Ausfall durch unzulässige Einsatzbedingungen (Umgebungsbedingungen)

Kommandierter Ausfall:

Ausfall bei funktionsfähiger Komponente durch nicht erfüllte Schnittstellen (Medien, Signale, Energie)

In folgender Abbildung ist die grundlegende Vorgehensweise zur Bestimmung der Zuverlässigkeitskennwerte schematisch dargestellt:

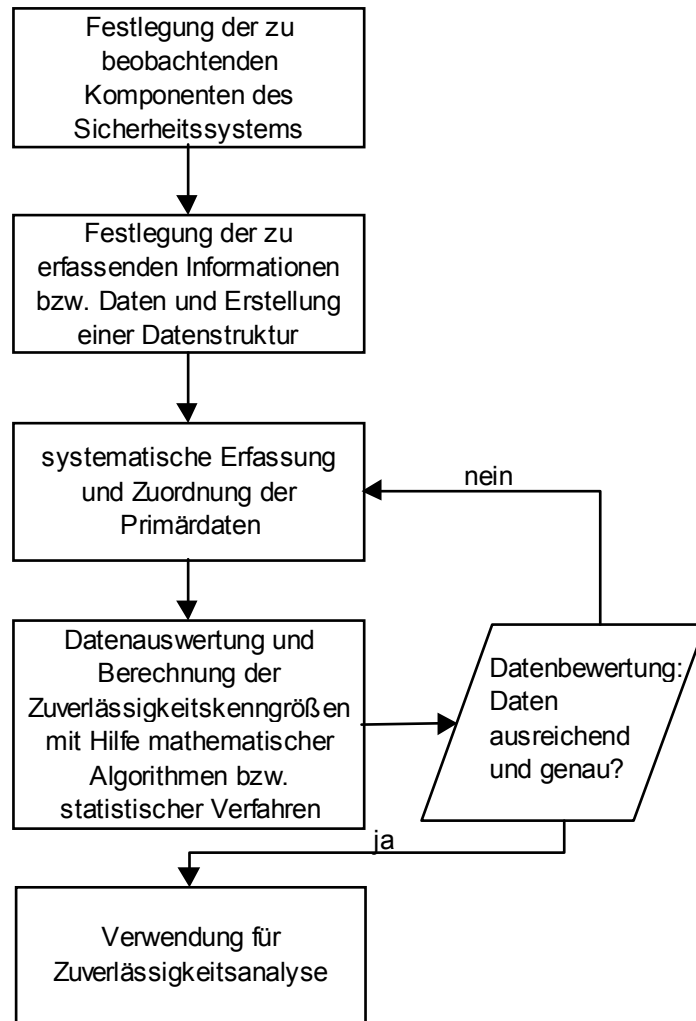


Abbildung 7.2: Ablaufplan zur Ermittlung von Zuverlässigkeitskenngrößen

Anhand des Ablaufplanes ist zu erkennen, daß der erste Schritt die Festlegung der technischen Komponenten ist, für die Zuverlässigkeitskenngrößen ermittelt werden müssen. Voraussetzung dafür ist, daß Informationen über Aufbau, Auslegung sowie Betriebs- und Funktionsweise des betrachteten Sicherheitssystems vorliegen.

Für die Ermittlung der Forderungsrate des Sicherheitssystems sind umfangreiche Kenntnisse über die Betriebsweise bzw. Untersuchungen zu Störungsursachen für das gesamte Anlagensystem erforderlich und bedingt unter Umständen auch die Einbeziehung weiterer Anlagenkomponenten in die Primärdatenerfassung (Förderpumpen, Energieversorgung usw.). Die Datenerfassung erfolgt während des laufenden Betriebes der Pipelineanlage bzw. unter Zuhilfenahme von Betriebsaufzeichnungen unter Einbeziehung der Betriebserfahrungen. Bezogen auf die jeweilige Anlagenkomponente sind dabei folgende wesentlichen Daten bzw. Informationen aufzuzeichnen:

- Informationen über Ausfälle von Systemkomponenten zur Ermittlung der Ausfallrate
- Informationen über Inspektionen des Sicherheitssystems und der Komponenten zur Bestimmung der Inspektionsintervalle
- Informationen über Grenzwertüberschreitungen zur Ermittlung der Forderungsrate

In folgender Abbildung ist die Datenstruktur dargestellt:

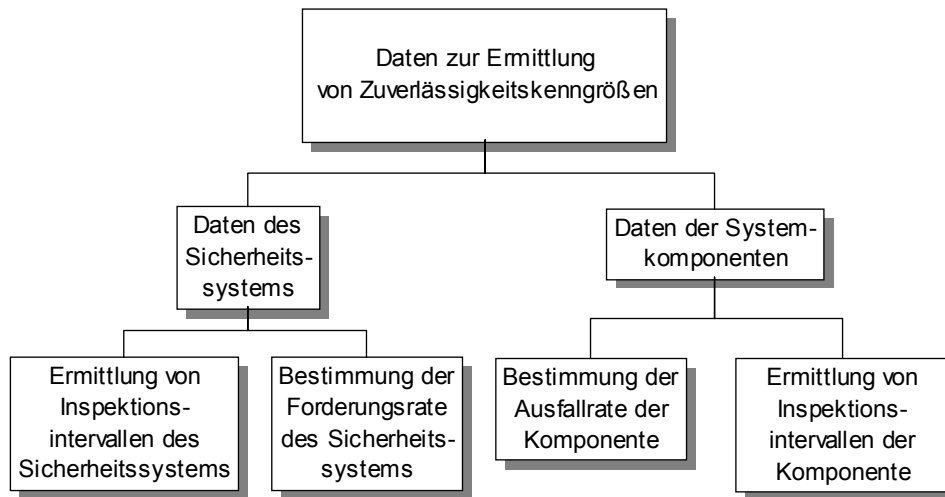


Abbildung 7.3: Datenstruktur zur Zuverlässigkeitsanalyse

Die anfallenden Primärdaten repräsentieren zunächst das Zuverlässigkeitsverhalten des Sicherheitssystems und der Komponenten. Mit Hilfe statistischer Verfahren bzw. mathematischer Algorithmen sind daraus die Zuverlässigkeitskenngrößen zu bestimmen. In der Literatur sind verschiedene Verfahren beschrieben, so daß hier im einzelnen nicht darauf eingegangen wird /12/. In diese Verfahren sind in der Regel Tests integriert, mit denen ermittelt werden kann, ob die Datenbasis für die statistische Auswertung ausreichend ist. Ist dies nicht der Fall, ist die Datenerfassung fortzusetzen.