

**Beitrag zur differenzierten sicherheitstechnischen Bewertung und  
Gestaltung moderner Rohrfernleitungsanlagen auf der Grundlage eines  
spezifischen Risikokonzeptes**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigt durch die

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät  
(Ingenieurwissenschaftlicher Bereich)  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Herrn Dipl.-Ing. Jörg Przygodda

geb. am 12.12.1967 in Altenburg

Dekan der Fakultät: Prof. Dr. Dr. rer. nat. habil. H. Pöllmann

Gutachter:

1. Prof. Dr.-Ing. L. Friedel
2. Prof. Dr. rer. nat. B. Reimer
3. Prof. Dr.-Ing. habil. H. Schuster

Halle (Saale), 23.04.2003

**urn:nbn:de:gbv:3-000004970**

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000004970>]

## Inhaltsverzeichnis

0.	Einleitung .....	1
1.	Problemstellung und Ziel der Arbeit.....	2
1.1	Problemstellung .....	2
1.2	Ziel und Vorgehensweise .....	5
1.3	Abgrenzung des Untersuchungsrahmens .....	7
2.	Stand des Wissens bei der sicherheitstechnischen Gestaltung und Bewertung von Fernleitungsanlagen .....	9
2.1	Anforderungen aus Verordnungen und Technischen Regeln.....	9
2.2	Stand der Technik bei sicherheitstechnischen Maßnahmen.....	9
2.3	Sicherheitstechnische Bewertungsmethoden .....	14
3.	Sicherheitstechnische Analyse der Pipelineanlage.....	16
3.1	Untersuchungen zur Gefährdungsbildung.....	16
3.2	Analyse und Charakterisierung des Stoffsystems .....	17
3.3	Ermittlung von Schadensursachen.....	19
3.4	Sicherheitsbezogene Bewertung der Schadensursachen.....	21
3.4.1	Mechanische Fehler .....	21
3.4.2	Korrosion .....	22
3.4.3	Einwirkungen Dritter.....	25
3.4.4	Betriebliche Fehler.....	26
3.4.5	Bodenbewegungen.....	29
4.	Konzept zur Risikoanalyse von Pipelineanlagen.....	30
4.1	Vorgehensweise .....	30
4.2	Risikoklassifizierung der Pipelineabschnitte .....	31
4.2.1	Grundsätzliche Vorgehensweise .....	31
4.2.2	Risikoparameter zur Bestimmung der Leckagewahrscheinlichkeit .....	32
4.2.2.1	Festlegung von Bewertungsvariablen .....	32
4.2.2.2	Wertigkeitsfaktor $\eta_{vi}$ .....	33
4.2.2.3	Wichtung der Bewertungsvariablen mit Hilfe von Bewertungskriterien.....	33
4.2.2.4	Berechnung der Risikoparameter.....	34
4.2.2.5	Ermittlung der Leckagewahrscheinlichkeit $R_{Leck}$ .....	39
4.2.3	Bestimmung der Schadensauswirkungen .....	41
4.2.3.1	Vorbemerkungen.....	41
4.2.3.2	Ermittlung des Risikoparameters $S_{Person}$ .....	41
4.2.3.3	Ermittlung des Risikoparameters $S_{Umwelt}$ .....	43
4.2.3.4	Ermittlung des Schadensausmaßes $R_{Schad}$ .....	44
4.2.4	Ermittlung des Risikobereiches.....	45
4.2.5	Risikountersuchung an kritischen Pipelineabschnitten.....	47
4.2.5.1	Ermittlung der Ausflussrate.....	48
4.2.5.2	Zündung und Zündwahrscheinlichkeit bei brennbaren Gasen .....	49
4.2.5.3	Wärmefluß aus Fackelbrand und Feuerball sowie Auswirkungen auf Menschen .....	50
4.2.5.4	Ausbreitung toxischer und brennbarer Gase und Flüssigkeiten .....	52
4.2.5.5	Verdampfung/Verdunstung .....	52

4.2.5.6	Bewertung der Ergebnisse.....	53
4.3	Eignung und Anwendung der Methode.....	54
5.	Risikominimierung auf Basis einer Sicherheits-Schutz-Konzeption.....	56
5.1	Struktur des Sicherheits-Schutz-Systems.....	56
5.2	Beziehungen zwischen dem Sicherheits- und Schutzkonzept.....	60
5.3	Maßnahmen zur Gewährleistung der passiven Sicherheit .....	62
5.3.1	Allgemeine Betrachtung .....	62
5.3.2	Aspekte bei Neuanlagen.....	63
5.3.3	Prüfung und Lebensdauerabschätzung .....	67
5.4	Sicherheitstechnische Maßnahmen zum Ausschluß unzulässiger Beanspruchungen.....	69
5.5	Maßnahmen zur Schadensbegrenzung.....	71
5.5.1	Struktur des Schutzsystems.....	71
5.5.2	Aspekte der Ausflußbegrenzung .....	72
5.6	Schlußfolgerungen.....	74
6.	Untersuchungen zur Zuverlässigkeit.....	76
6.1	Notwendigkeit der Zuverlässigkeitsuntersuchungen und allgemeine Vorgehensweise .....	76
6.2	Zuverlässigkeit des pipelinespezifischen Sicherheitssystems.....	77
6.2.1	Struktur des Sicherheits- und Steuerungssystems .....	77
6.2.2	Einfluß der Redundanztechnik .....	79
6.3	Erweiterung der Zuverlässigkeitsuntersuchung .....	81
6.3.1	Modellableitung.....	81
6.3.2	Modellierung des Sicherheitssystems für Pipelineanlagen.....	82
6.3.3	Allgemeine Beziehungen zwischen der Forderungsrate $\lambda_p$ und des Inspektionsintervalls $\tau$ .....	84
6.4	Spezifische Zuverlässigkeitsuntersuchungen an Sicherheitssystemen gegen unzulässige Druckstöße .....	86
6.5	Zusammenfassende Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchungen.....	91
7.	Entwicklung einer Datenkonzeption.....	93
7.1	Vorgehensweise und allgemeine Datenstrukturierung .....	93
7.2	Datenkonzept zur Risikoanalyse .....	94
7.3	Datenkonzept zur Zuverlässigkeitsanalyse .....	96
8.	Zusammenfassung .....	100
9.	Summary .....	103
	Literaturverzeichnis .....	105
	Verzeichnis der Abbildungen .....	120
	Verzeichnis der Tabellen .....	123
	Nomenklatur .....	124
	Anhang .....	