

Armaturenabstände und Alarmierungstreifen an Sauer gasleitungen

U. Scheer, BEB
C. Leonhardt, MEEG

Stand 14.02.01

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	1
2	Bestehende Festlegungen für Sicherheitsabstände, Alarmierungstreifen und Armaturenabstände	1
3	Methodik	3
4	Ergebnisse	4
4.1	Rechnerischer Armaturenabstand	4
4.2	Alarmierungstreifen	4
5	Empfehlung des WEG	5
6	Literaturverzeichnis	6
7	Tabellenverzeichnis	6
8	Bildverzeichnis	6
9	Begriffe	7

1 Einleitung

Getrocknetes Sauer gas wird über weite Strecken durch ein umfangreiches Sauer gasleitungssystem von den Produktionsbohrungen zur Sauer gasaufbereitungsanlage transportiert. Dabei kann trotz aller technischen Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden, daß eine Sauer gasleitung beschädigt wird und Sauer gas austritt. Um die im Schadensfall austretende Gasmenge zu minimieren sind alle Sauer gastransportleitungen mit automatisch schließenden Streckenarmaturen ausgerüstet.

Im Schadensfall können aber dennoch durch das austretende Sauer gas Personen gefährdet werden, insbesondere wenn sich diese in unmittelbarer Nähe der Schadensstelle aufhalten. Daher werden entlang der Sauer gasleitungen sog. Alarmierungstreifen festgelegt, innerhalb derer mit organisatorischen Maßnahmen sicherzustellen ist, daß ggf. betroffene Personen schnellstmöglich informiert und zielgerichtete Rettungsmaßnahmen durchgeführt werden können.

Die Freisetzung und Ausbreitung von Sauer gas bei einem Leitungsschaden kann mit Hilfe von Rechenprogrammen simuliert werden. Anhand von Auswirkungsbetrachtungen können in Abhängigkeit von den maßgeblichen Einflußgrößen zum einen die Abstände der Absperrarmaturen im Leitungssystem so gewählt werden, daß das Ausmaß der Gefährdung durch das freigesetzte Sauer gas möglichst gering ist und zum anderen die erforderliche Breite des Alarmierungstreifens bestimmt werden. Für die Ermittlung der Armaturenabstände und der Alarmierungstreifen wird der Bruch einer Leitung vorausgesetzt. Dieses stellt eine sehr konservative Annahme dar, da bei Leitungsschäden das sog. Leck-vor-Bruch-Verhalten typisch ist /1/.

2 Bestehende Festlegungen für Sicherheitsabstände, Alarmierungstreifen und Armaturenabstände

Nach § 30 der Tiefbohrverordnung -BVOT- sind von Betriebsanlagen, von denen in Stör- oder Schadensfällen Gefahren ausgehen können, Sicherheitsabstände zu Gebäuden und öffentlichen Verkehrsanlagen einzuhalten, so daß Gefahren für das Leben und die Gesundheit von Personen vermieden werden (Sicherheit durch Abstand). Aus diesem Grund werden an Sauer gasleitungen Sicherheitsabstände und Alarmierungstreifen festgelegt.

Die **Mindestabstände** an Sauer gasleitungen sind in § 161 (4) BVOT so definiert, daß Rohrleitungen, in denen Erdgas mit einem Schwefelwasserstoffgehalt von mehr als 1 Vol.-% befördert wird, folgende Abstände aufweisen müssen:

- 50 m Abstand von einzelnen außerhalb von Bebauungsgebieten gelegenen Gebäuden
- 200 m Abstand von Bebauungsgebieten

Die bestehende, vorläufige Festlegung der **Alarmierungstreifen** entlang von Sauer gasleitungen erfolgt nach einer Absprache zwischen dem Oberbergamt, dem Bergamt Meppen und der BEB vom 04.03.1983 (Abb. 1). Die vorgegebene Gerade basiert auf folgenden Eckwerten:

1 Vol.-% H ₂ S	Abstand 50 m (Mindestabstand nach § 161 (4) BVOT)
20 Vol.-% H ₂ S	Abstand 500 m

mit linearer Interpolation und Extrapolation für andere H₂S-Gehalte.

Zur Konkretisierung der Vorgehensweise bei der Festlegung der Alarmierungstreifen ist ein modifiziertes Verfahren entwickelt worden, das neben dem H₂S-Gehalt des Gases auch den Inhalt der jeweiligen Leitungen bzw. Leitungsabschnitte berücksichtigt.

Der Abstand der bei einem entsprechenden Druckabfall selbsttätig schließenden Absperrarmaturen (**Armaturenabstand**) in Sauer gasleitungen hängt nach § 161 (2) BVOT von folgenden Einflußgrößen ab:

- H₂S-Gehalt des transportierten Gases
- Leitungsabmessungen
- Betriebsdruck der Leitungen
- örtliche Gegebenheiten.

Bisher erfolgt die Festlegung der Armaturenabstände unter Berücksichtigung dieser Einflußgrößen als Einzelfallbetrachtung in den Unternehmen des WEG auf Grundlage verschiedener Beurteilungsverfahren, da kein einheitliches Verfahren existiert und sich aus der BVOT keine konkreten Zahlenwerte ableiten lassen. Um die Beurteilungsverfahren zu vereinheitlichen und nachvollziehbar zu machen, wurde das nachstehend beschriebene Verfahren entwickelt.

3 Methodik

Im folgenden werden die Grundlagen der Verfahren zur Bestimmung der Armaturenabstände und Alarmierungstreifen an Sauer gasleitungen dargestellt.

Für die Berechnung von H₂S-Bodenkonzentrationen bei einem Leitungsbruch wurden folgende Rechenprogramme nacheinander angewandt /2/:

Programm	Zweck	Wesentliche Parameter
ROSA (Realgas-orientierte Sauer gas-Ausströmung)	Berechnung der zeitabhängigen Austrittsrate	Leitungsdurchmesser, Armaturenabstand, Gasqualität (Sauer gas)
FREISTRABL	Berücksichtigung der impulsbehafteten, richtungsabhängigen Ausströmung	Ausströmrichtung
DISPERSE	Ausbreitung der H ₂ S-Wolke in der Atmosphäre	Ausbreitungsklasse, Windgeschwindigkeit

Die wesentlichen Eingangsparameter der Berechnungen sind in Tab. 1 aufgeführt.

Unter ungünstigsten Freisetzungs- und Austrittsbedingungen (Abb. 2) wird der Armaturenabstand bestimmt, bei dem ein bestimmter Dosisgrenzwert für H₂S gerade unterschritten wird.

Dosiswertbetrachtung

Die berechneten H₂S-Konzentrationswerte stehen nur kurzfristig am jeweiligen Immissionsort an. Zur Berücksichtigung der zeitabhängigen H₂S-Einwirkung werden deshalb ausschließlich Dosiswerte berechnet und diese mit entsprechenden Dosisgrenzwerten für H₂S verglichen.

Diese Dosiswerte berücksichtigen, daß die Auswirkungen durch das Einatmen von H₂S nicht nur von der Gaskonzentration, sondern auch von der Expositionsdauer abhängen. Die Abhängigkeit zwischen den beiden Parametern ist nicht linear, so daß bei zunehmender Konzentration die zulässige Expositionsdauer stark absinkt. Es besteht folgender Zusammenhang:

$$\text{Dosis} = \text{Zeit [min]} \times (\text{Konzentration [ppm]})^n \quad \text{mit } n = 2,5 \text{ für H}_2\text{S}$$

Bei den Berechnungen wurde ein Dosisgrenzwert von $1,13 \cdot 10^7 \text{ ppm}^{2,5} \text{ min}$ angenommen.

4 Ergebnisse

Auf Basis des Armaturenabstandes, des H₂S-Gehalt des transportierten Gases und des Leitungsdurchmesser können Entfernungswerte berechnet werden, in denen ein bestimmter Dosiswert gerade unterschritten wird.

Für die systematischen Berechnungen mit den genannten Einflußparametern wird als Kriterium ein Dosiswert von $1,13 \cdot 10^7$ ppm^{2,5}min zugrunde gelegt.

4.1 Rechnerischer Armaturenabstand

Als ein Ergebnis der Berechnungen ergibt sich, daß sich die Entfernungswerte durch eine Verringerung der Armaturenabstände nicht beliebig reduzieren lassen. Daher wird ein sogenannter „rechnerischer Armaturenabstand“ definiert, unterhalb dessen durch eine weitere Verringerung des Armaturenabstandes der Entfernungswert nicht mehr reduziert werden kann. Dieser rechnerische Armaturenabstand ist für verschiedene Leitungsdurchmesser in Abhängigkeit vom H₂S-Gehalt des transportierten Gases in Abb. 3 aufgetragen.

Entsprechend dieser Abbildung ergibt sich für das eingezeichnete Beispiel bei einem H₂S-Gehalt von 16 Vol.-% und einem Leitungsdurchmesser von 12 3/4“ ein Armaturenabstand von 3500 m.

Bei den durchgeführten Berechnungen wird von einem H₂S-Gehalt von mindestens 5 Vol.-% ausgegangen. Da gem. § 161 (4) BVOT aber bereits bei Leitungen, in denen Erdgas mit einem H₂S-Gehalt von mehr als 1 Vol.-% Mindestabstände zu Einzelbebauung und Bebauungsgebieten eingehalten werden müssen, wurde die Darstellung für den fehlenden Bereich graphisch extrapoliert.

4.2 Alarmierungstreifen

Als ein weiteres Ergebnis der in Abschnitt 3 beschriebenen Berechnungen kann die Breite des Alarmierungstreifen für verschiedene Leitungsdurchmesser und Armaturenabstände in Abhängigkeit vom H₂S-Gehalt des transportierten Gases bestimmt werden. Für die bei den Berechnungen berücksichtigten Leitungsdurchmesser ist dies in den Abb. 4, 5, 6, 7 und 8 dargestellt.

Für das in Abschnitt 4.1 betrachtete Beispiel (16 Vol.-% H₂S / 12 3/4“) ergibt sich für den rechnerischen Armaturenabstand (3500 m) entsprechend Abb. 6 ein Alarmierungstreifen von 600 m (bei einer Interpolation zwischen den abgelesenen Werten für einen Armaturenabstand von 2000 m und 4000 m).

5 Empfehlung des WEG

Als Vorgehensweise für die Festlegung von Armaturenabständen und Alarmierungstreifen an Sauer gasleitungen wird folgendes vorgeschlagen:

- Die sich aus Abb. 3 in Abhängigkeit von Leitungsdurchmesser und H_2S -Gehalt des transportierten Gases ergebenden rechnerischen Armaturenabstände sowie die sich daraus ableitenden Alarmierungstreifen (Abb. 4 bis 8) stellen Richtwerte dar. Bei der Festlegung sollten darüber hinaus die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden, da daraus sich möglicherweise ergebende Besonderheiten in den den Abbildungen zugrunde liegenden Berechnungen nicht enthalten sind.
- Für Leitungen, bei denen der Betriebsdruck und / oder der Durchmesser von den den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen abweichen, ist das Gasvolumen in den einzelnen Leitungsabschnitten Basis der Festlegung des rechnerischen Armaturenabstandes und des Alarmierungstreifens.
- Zur Bestimmung der Alarmierungstreifen wird für Armaturenabstände, die zwischen den in den Abb. 4 bis 8 als Parameter gewählten Armaturenabständen liegen, zwischen den Kurven linear interpoliert.

6 Literaturverzeichnis

- /1/ Beurteilung der Leck- und Bruchmöglichkeiten im BEB-Sauer gasleitungsnetz –
Technischer Fachbericht
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
A. Höfler, F. Michel, H. Grebner, S. Beliczey, X. Liu
Juli 1994
- /2/ Ausbreitungsrechnung für Sauer gasleitungen – Bestimmung von Mindestab-
ständen p_{\min} -geregelter Streckenschieber
BEB, EP 411
F. Fischer
Januar 1993

7 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wesentliche Eingangsparameter der Berechnungen

8 Bildverzeichnis

- Abb. 1: Alarmierungsstreifen entlang Sauer gasleitungen
(gem. Absprache – OBA / BA / BEB vom 04.03.1983)
- Abb. 2: Ausbreitungsrechnungen an Sauer gasleitungen
- Abb. 3: Bestimmung der rechnerischen Armaturenabstände von p_{\min} -Strecken-
schiebern im Sauer gas
- Abb. 4: Breite des Alarmierungsstreifens für einen Leitungsdurchmesser von 8 5/8“
- Abb. 5: Breite des Alarmierungsstreifens für einen Leitungsdurchmesser von 10 3/4“
- Abb. 6: Breite des Alarmierungsstreifens für einen Leitungsdurchmesser von 12 3/4“
- Abb. 7: Breite des Alarmierungsstreifens für einen Leitungsdurchmesser von 16“
- Abb. 8: Breite des Alarmierungsstreifens für einen Leitungsdurchmesser von 20“

9 Begriffe

Rechnerischer Armaturenabstand:

Der Streckenschieberabstand, bei dem trotz weiterer Abstandsverkürzung keine signifikante Reduzierung der Entfernungswerte für die Dosis auftritt (entspricht dem „Mindestschieberabstand“ nach /2/).

Mindestabstand:

Abstand gem. § 161 (4) BVOT der zwischen Rohrleitungen, in denen Erdgas mit einem H₂S-Gehalt von mehr als 1 Vol.-% befördert wird, und Bebauungsgebieten bzw. zwischen den Rohrleitungen und einzelnen außerhalb dieser Gebiete gelegenen Gebäuden einzuhalten ist.

Alarmierungstreifen:

Der Abstand zu Rohrleitungen, in denen Erdgas mit einem H₂S-Gehalt von mehr als 1 Vol.-% befördert wird, bei dem unter ungünstigsten Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen im Falle eines Leitungsbruches ein bestimmter Dosisgrenzwert für H₂S gerade unterschritten wird.

Programm ROSA:

- Leckgröße: 2 A (doppelte Rohrquerschnittsfläche)
- Leckort: mittig zwischen zwei Absperrarmaturen
- Leitungsgeometrie: vereinfacht unter Berücksichtigung des geometrischen Gesamtvolumens des Sauer gasleitungssystems
- Leitungsdurchmesser: 8 5/8“, 10 3/4“, 12 3/4“, 16“, 20“
- Anfangsdruck: 85 bar
- Die dem Leck benachbarten p_{\min} -Armaturen werden 30 Sekunden nach Erreichen des p_{\min} -Druckes schlagartig geschlossen (p_{\min} -Druck: 80 bar)
- Gasqualität: $\rho_N = 0,9 \text{ kg/m}^3 (Vn)$
Polytropenexponent $n = 1,0001$

Freistrahlberechnung:

- Ausströmrichtung: nach unten

Programm DISPERSE:

- Meteorologische Parameter
 - Stabilitätsklassen nach Pasquill
 - Windgeschwindigkeit
 - es werden ca. 70 % eines Jahres abgedeckt
 - die jeweils ungünstigste Ausbreitung wird berücksichtigt
- kein thermischer Auftrieb ($\rho_{\text{Gas}} = \rho_{\text{Luft}}$)

Tab. 1: Wesentliche Eingangsparameter der Berechnungen

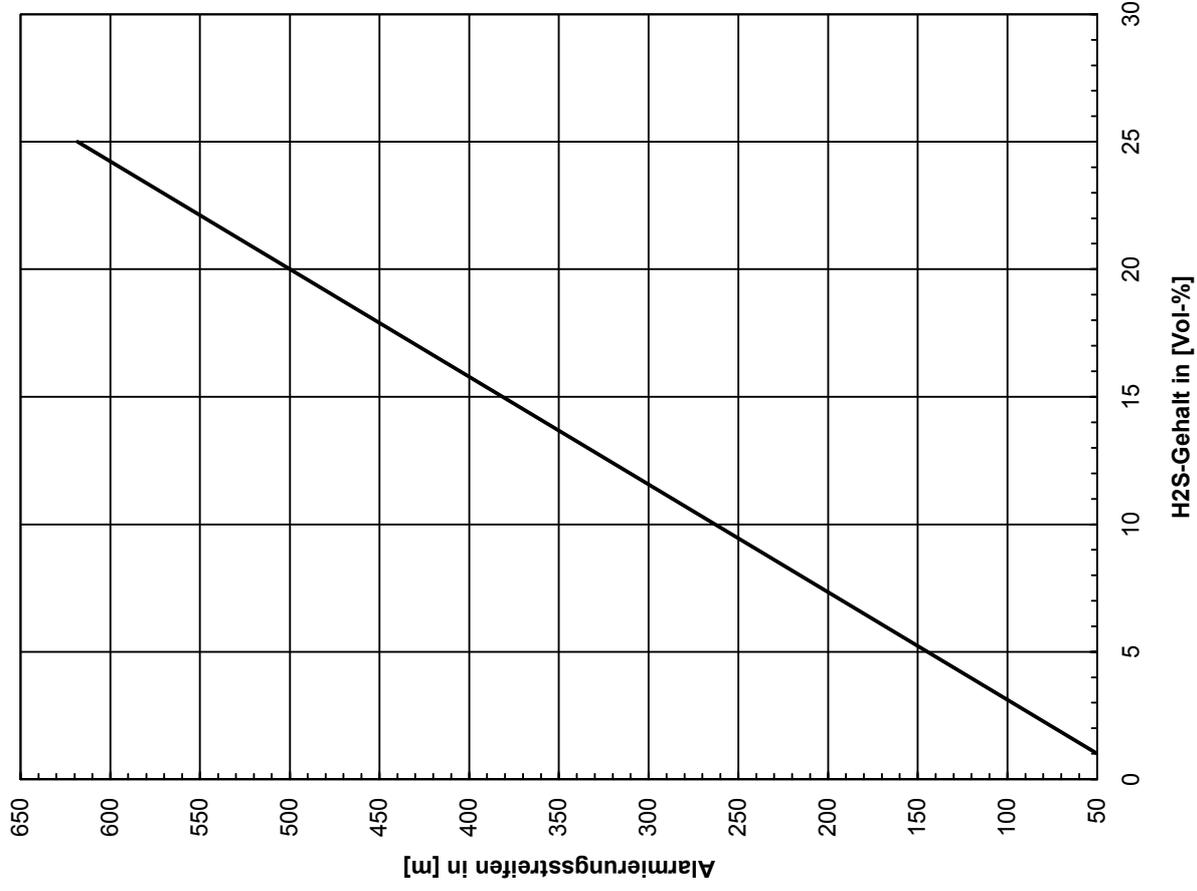


Abb. 1:
Alarmierungsstreifen entlang Sauergas-
leitungen
(gem. Absprache - OBA / BA / BEB vom
04.03.1983)

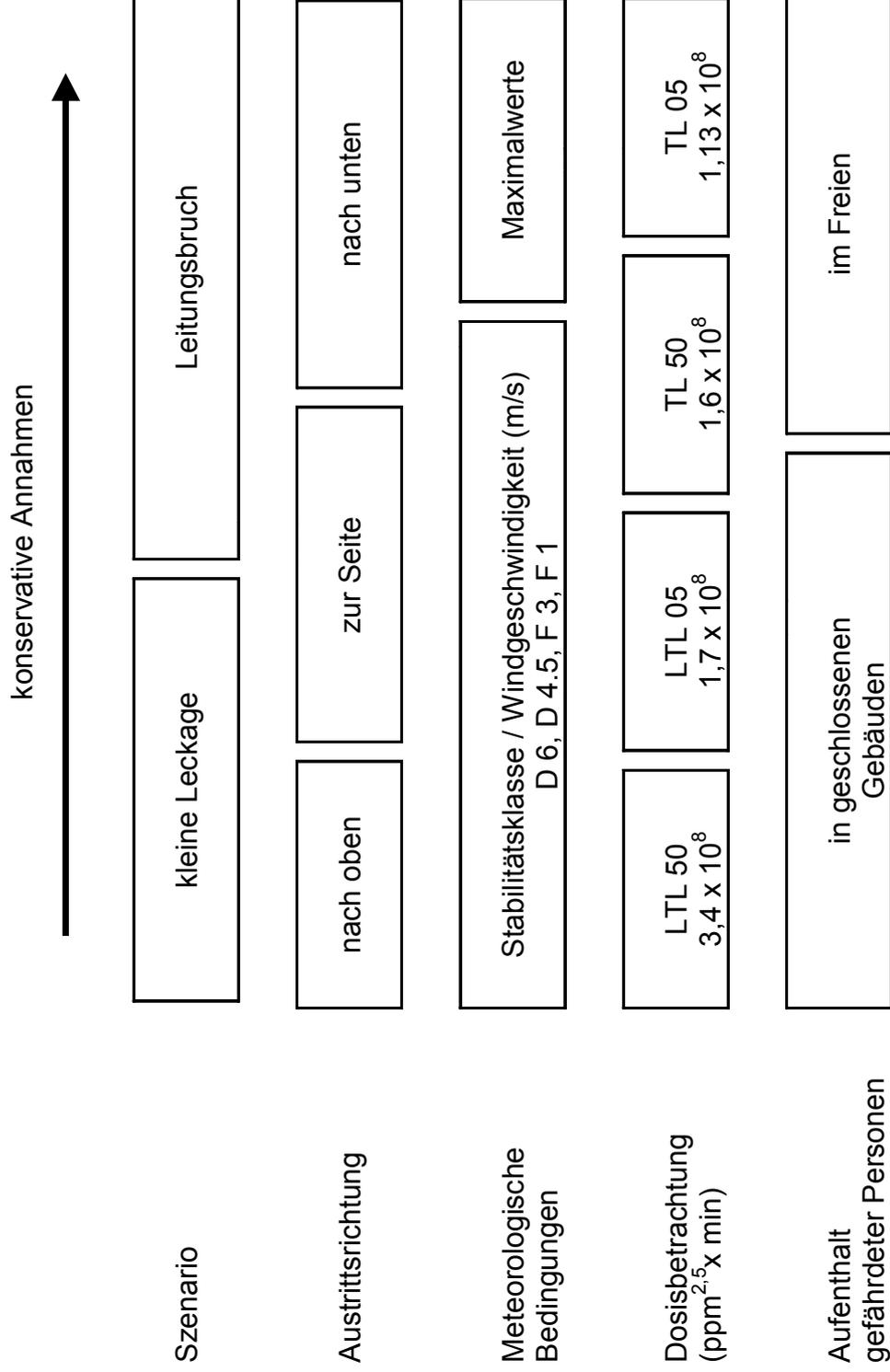


Abb. 2: Ausbreitungsrechnungen an Sauergasleitungen

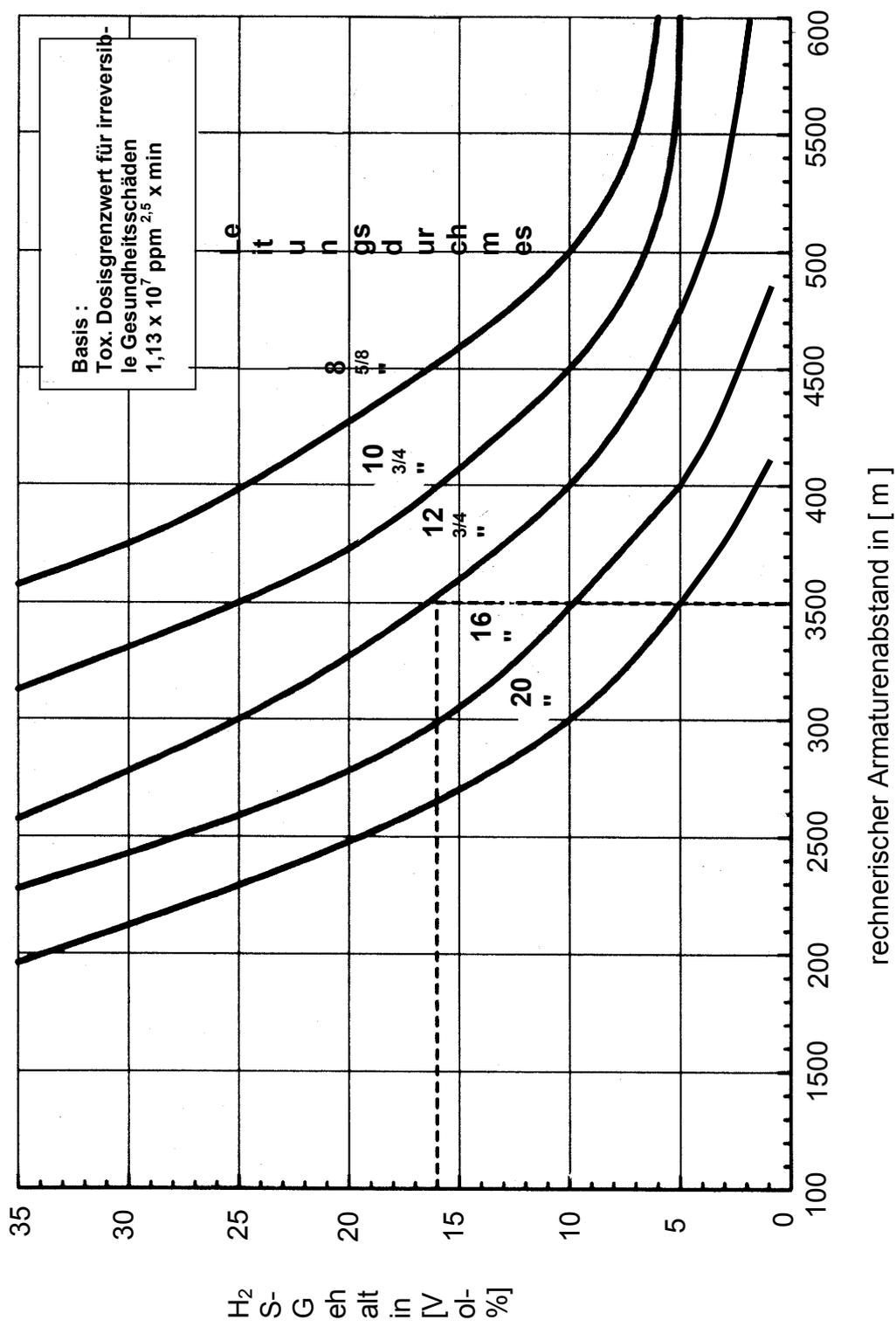


Abb. 3: Bestimmung der rechnerischen Armaturenabstände von p_{\min} -Streckenschiebern im Sauer gas

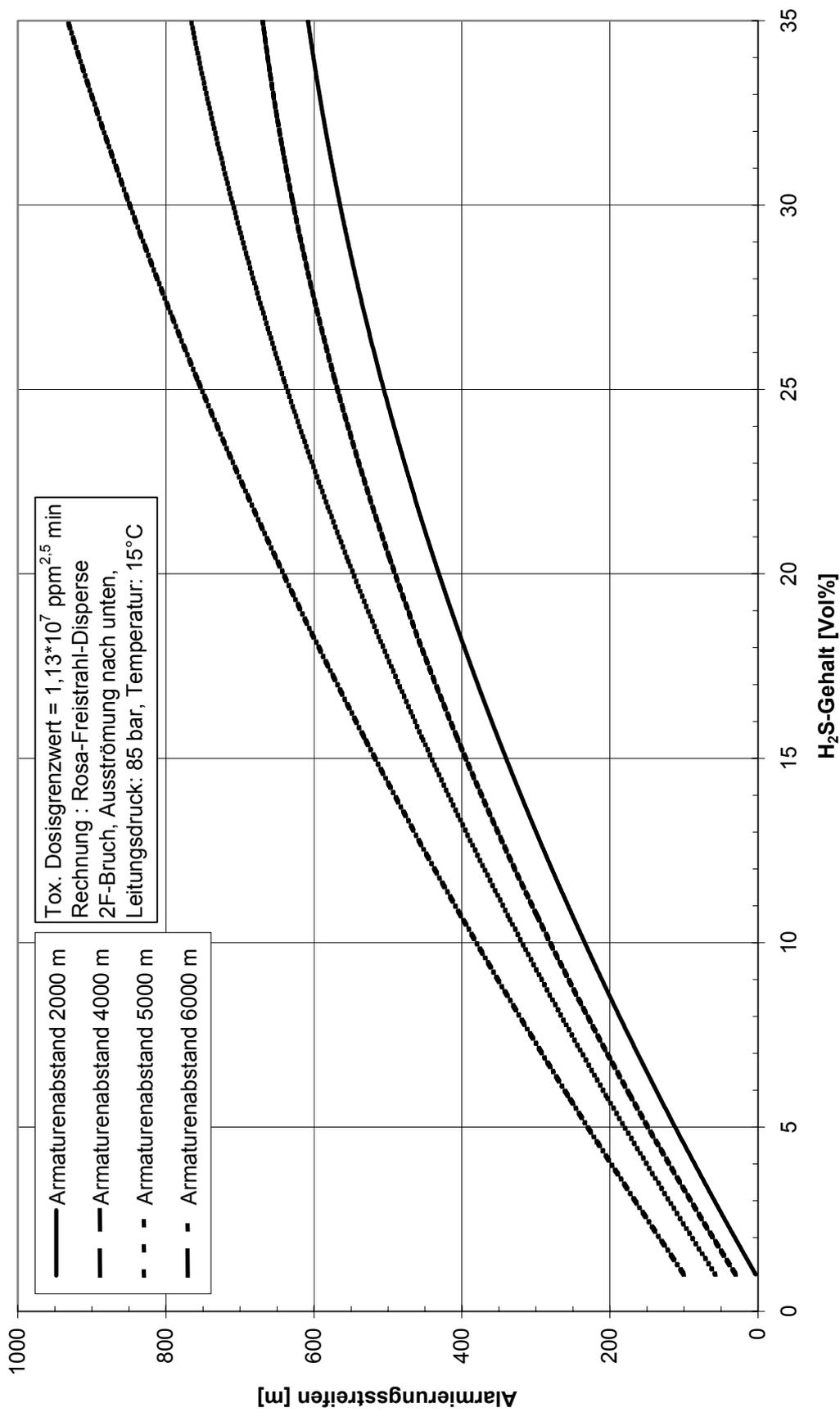


Abb. 4: Breite des Alarmierungsstreifens für einen
 Leitungsdurchmesser von 8 5/8 “

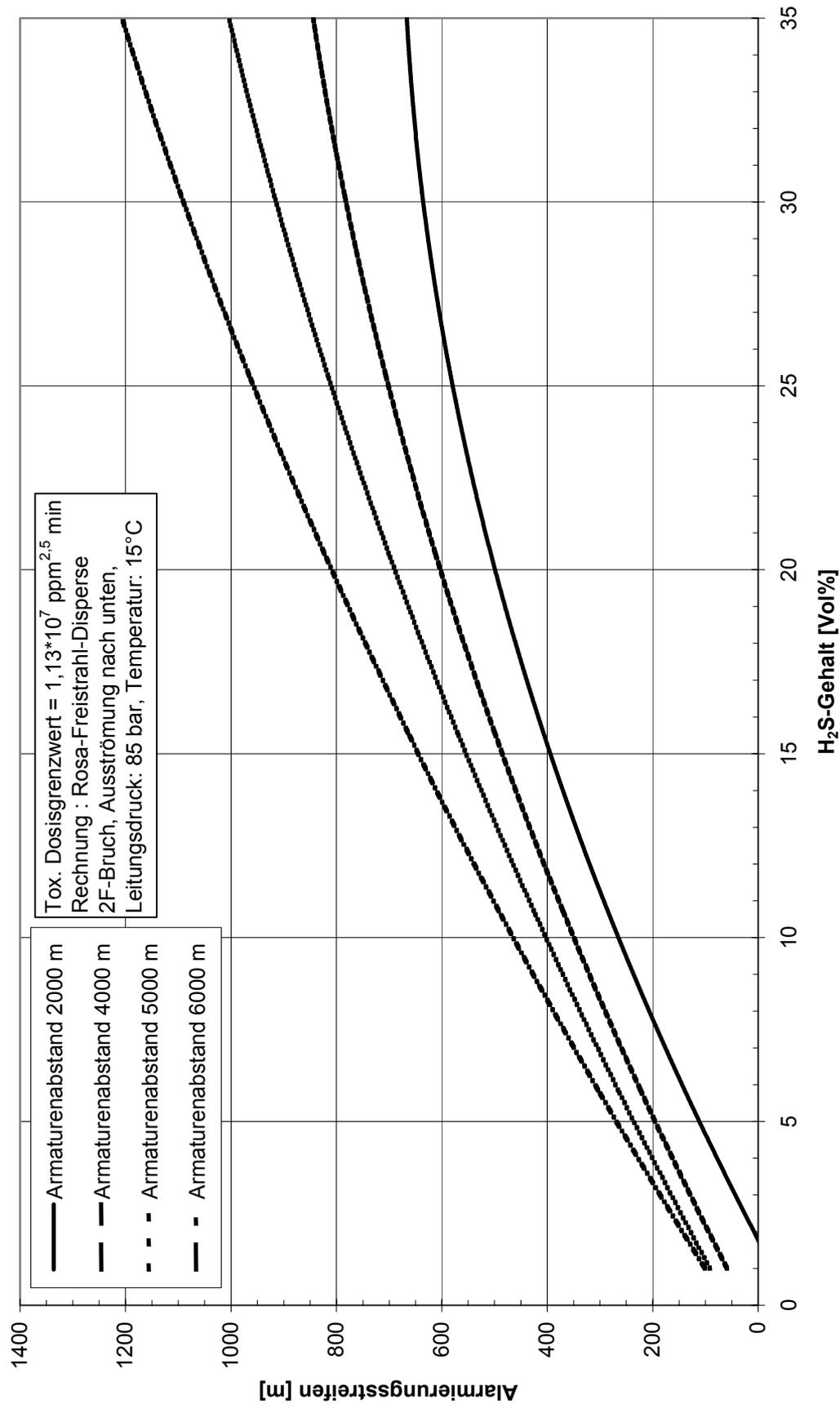


Abb. 5: Breite des Alarmierungsstreifens für einen
 Leitungsdurchmesser von 10 3/4 “

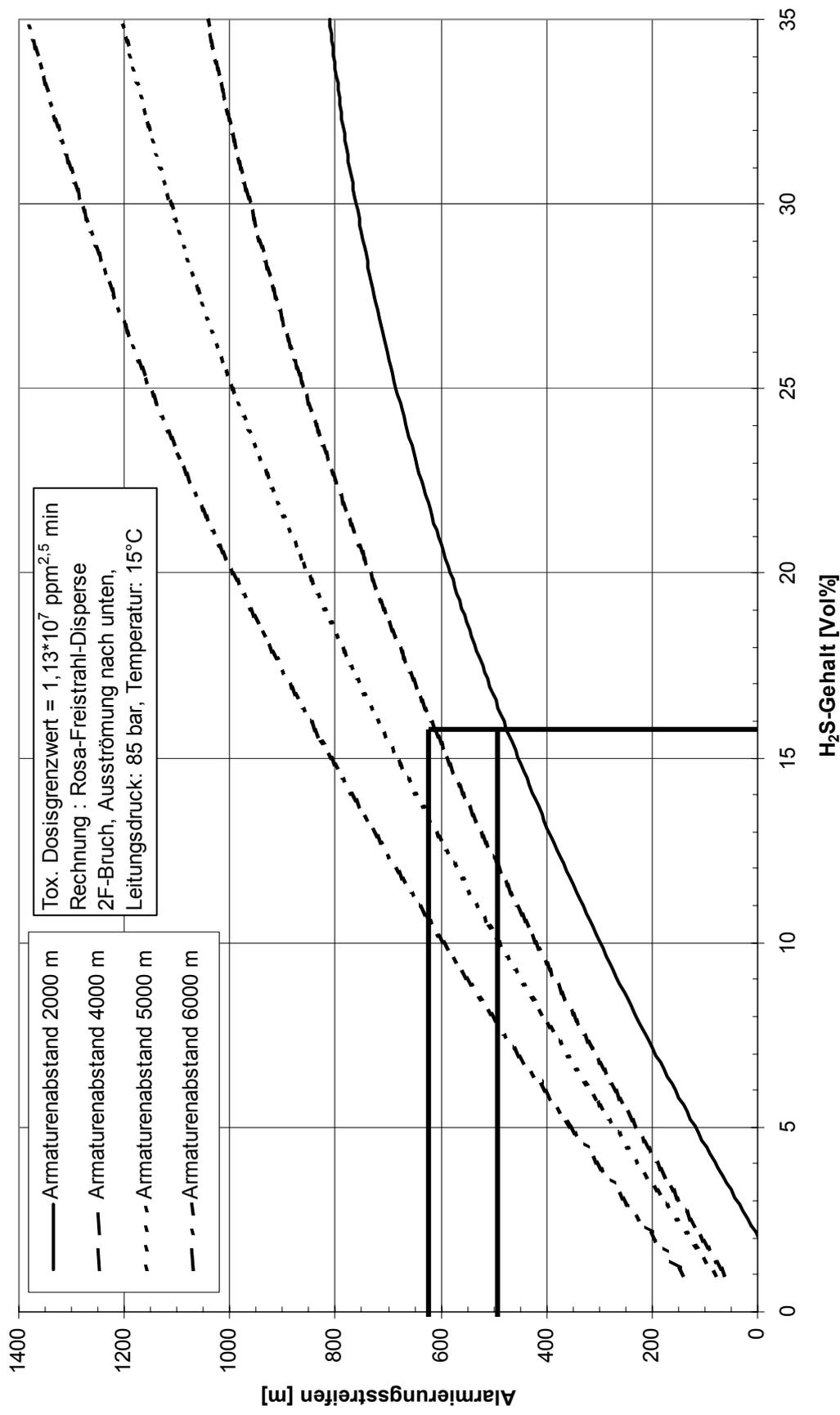


Abb. 6: Breite des Alarmierungsstreifens für einen
 Leitungsdurchmesser von 12 3/4 "

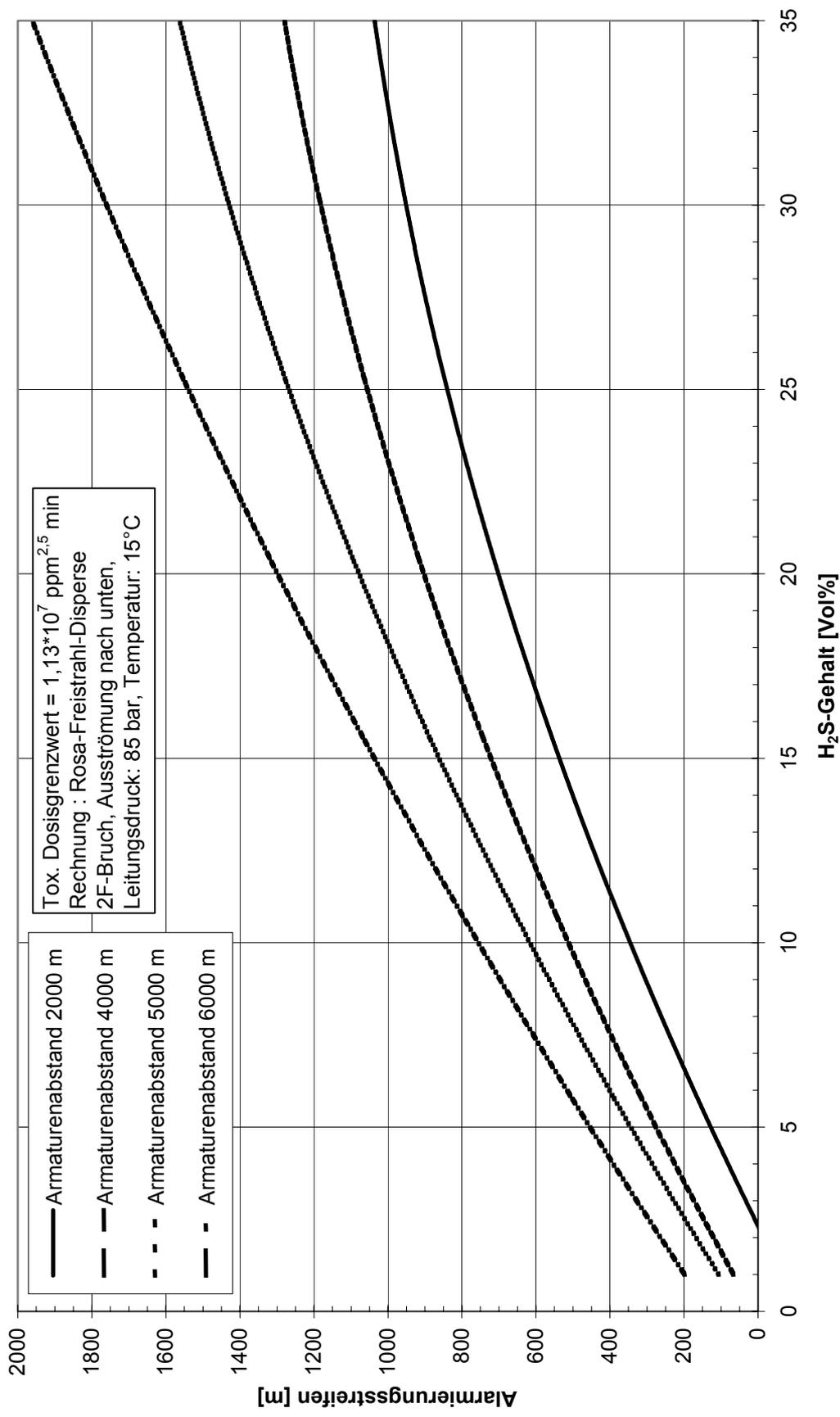


Abb. 7: Breite des Alarmierungstreifens für einen
 Leitungsdurchmesser von 16 “

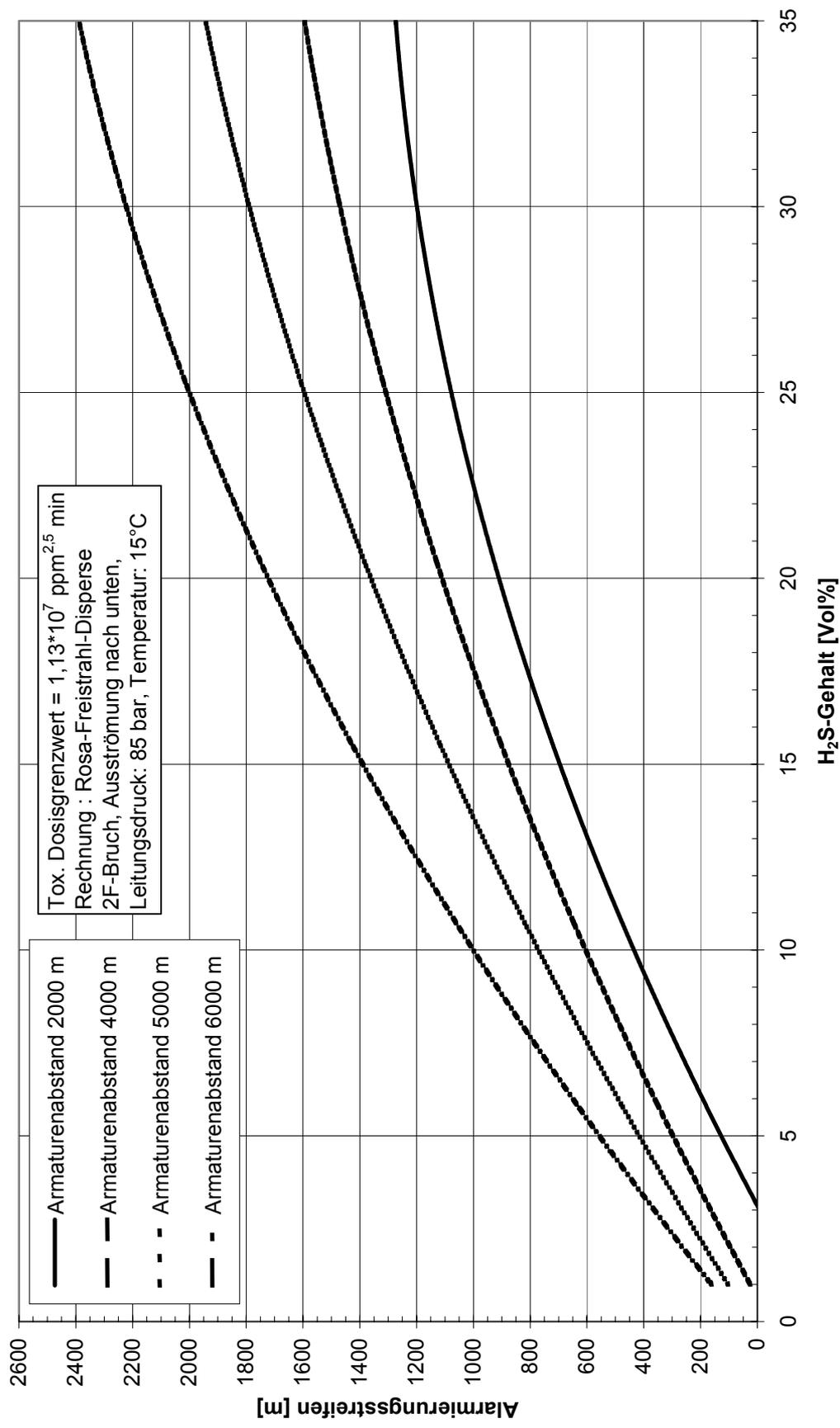


Abb. 8: Breite des Alarmierungsstreifens für einen
 Leitungsdurchmesser von 20 “