Willkommen im BEV

Experimentelle Arbeiten zu Durchflussstörungen

Univ.-Prof. Dr. Franz Adunka, Wien

Mit Wärmezählern werden gewaltige „Energieverbräuche“ gemessen.

In Österreich (8 Millionen Einwohner) sind die pekuniären Aufwendungen für den gemessenen Wärmeverbrauch mehr als 5 Milliarden Euro

Unsicherheit der Wärmemessung: ≥ 1 % (Annahme) →

50 million Euro

(D: x 10)

In Zukunft braucht man Durchflusssensoren mit einer Klassengenauigkeit von

± 1 %.

Ist das möglich?

Ja, auf dem Durchflussprüfstand, von welcher **Größenordnung** sind aber die Installationseffekte?

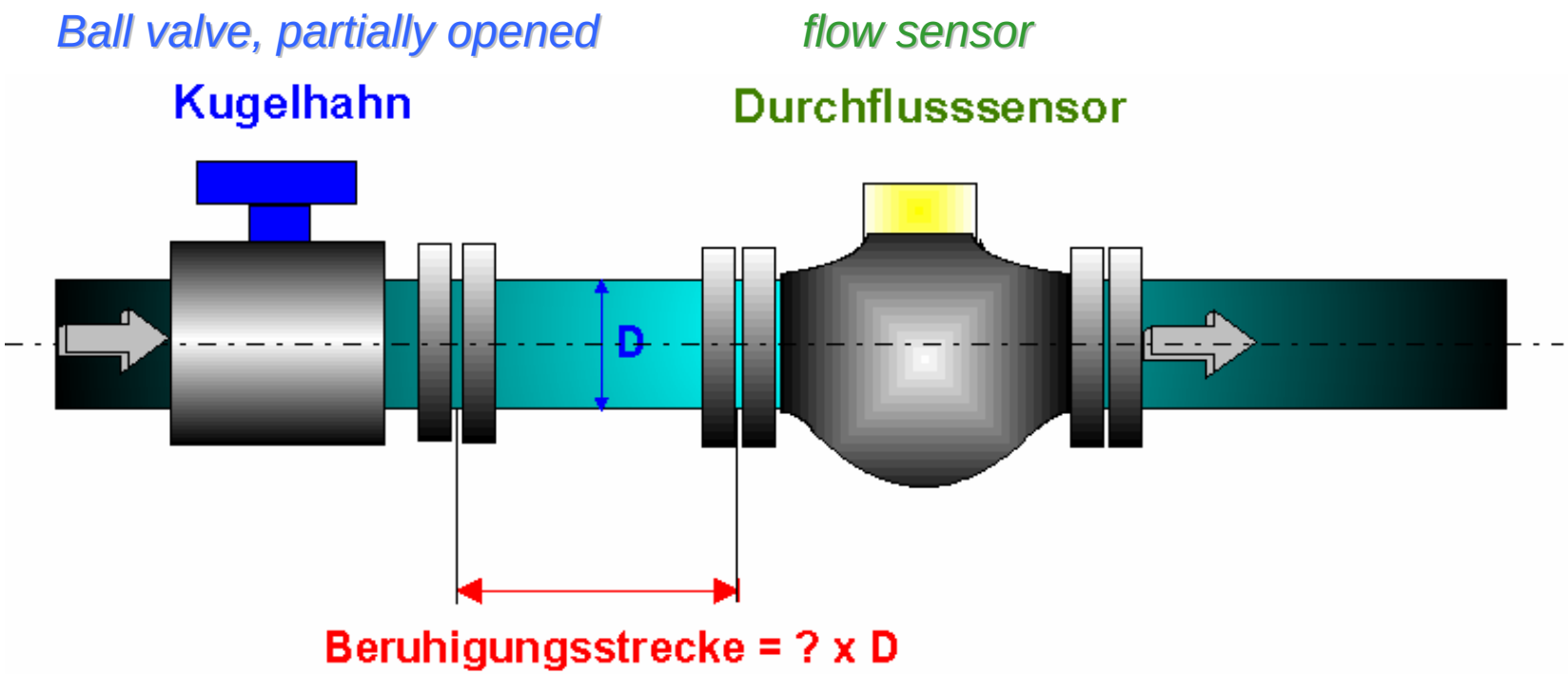
Projektschritte

- Erster Schritt ab 1995: ➔ Experimentelle Bestimmung von Einbaufehlern, abgeschlossen ➔ **publiziert**

- Zweiter Schritt ➔ Messung von Geschwindigkeits-profilen am Montageort der Zähler mittels **LDV**-System

- Start der Messungen im Sommer 2003

Anordnung von Störungen

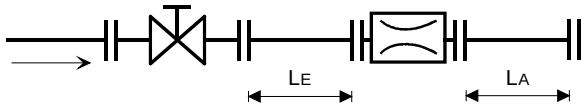


Smoothing length in units of D

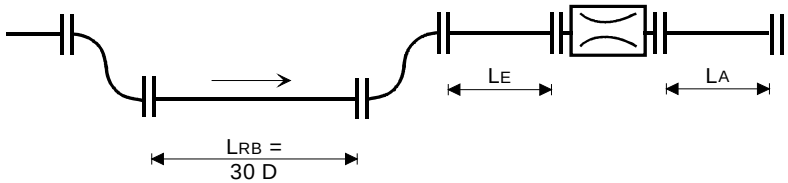
Typische Durchflussstörungen

Willkommen im BEV
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

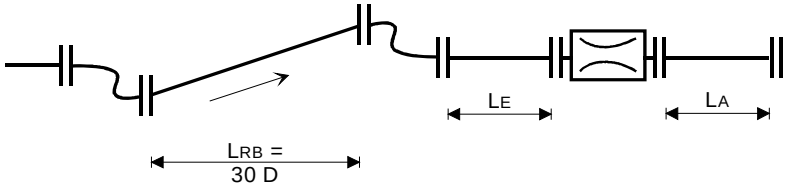
Kugelhahn, halb geöffnet



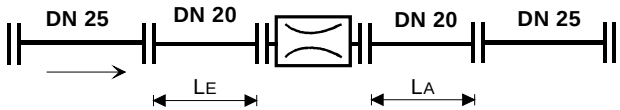
90°-Bogen



Raumkrümmer

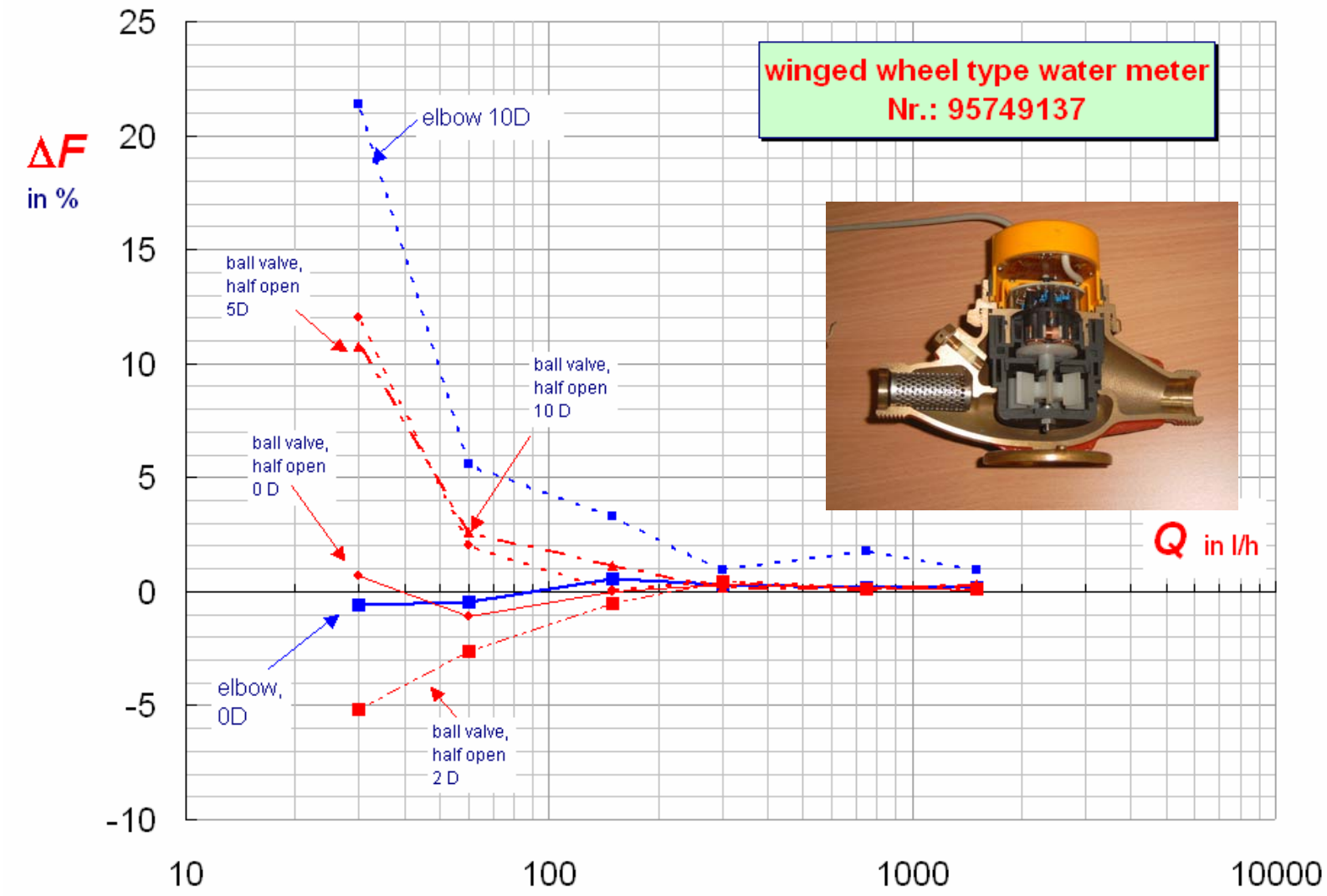


Reduzierung der Rohrnennweite um eine Dimension

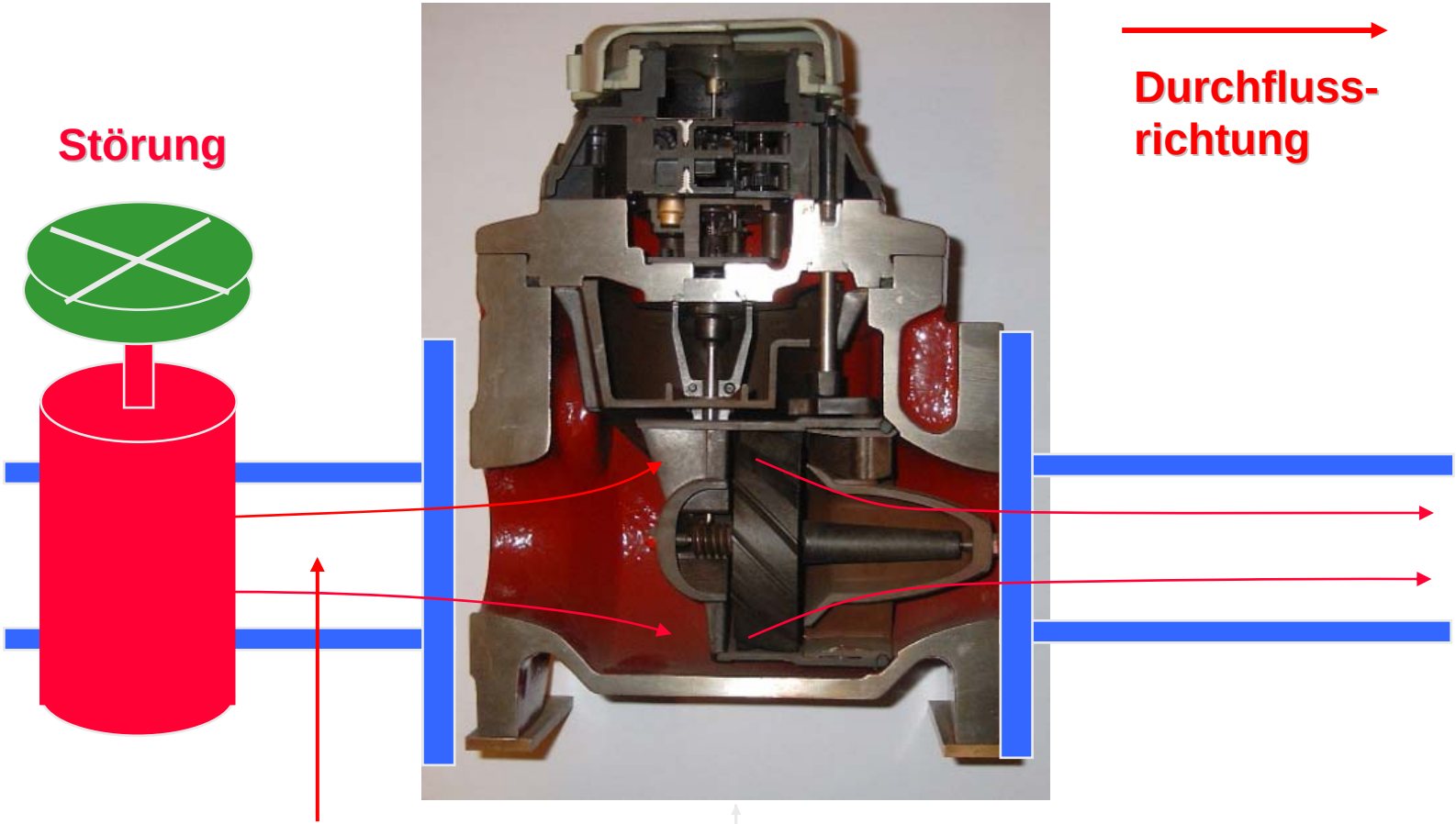


→ **Strömungsrichtung**

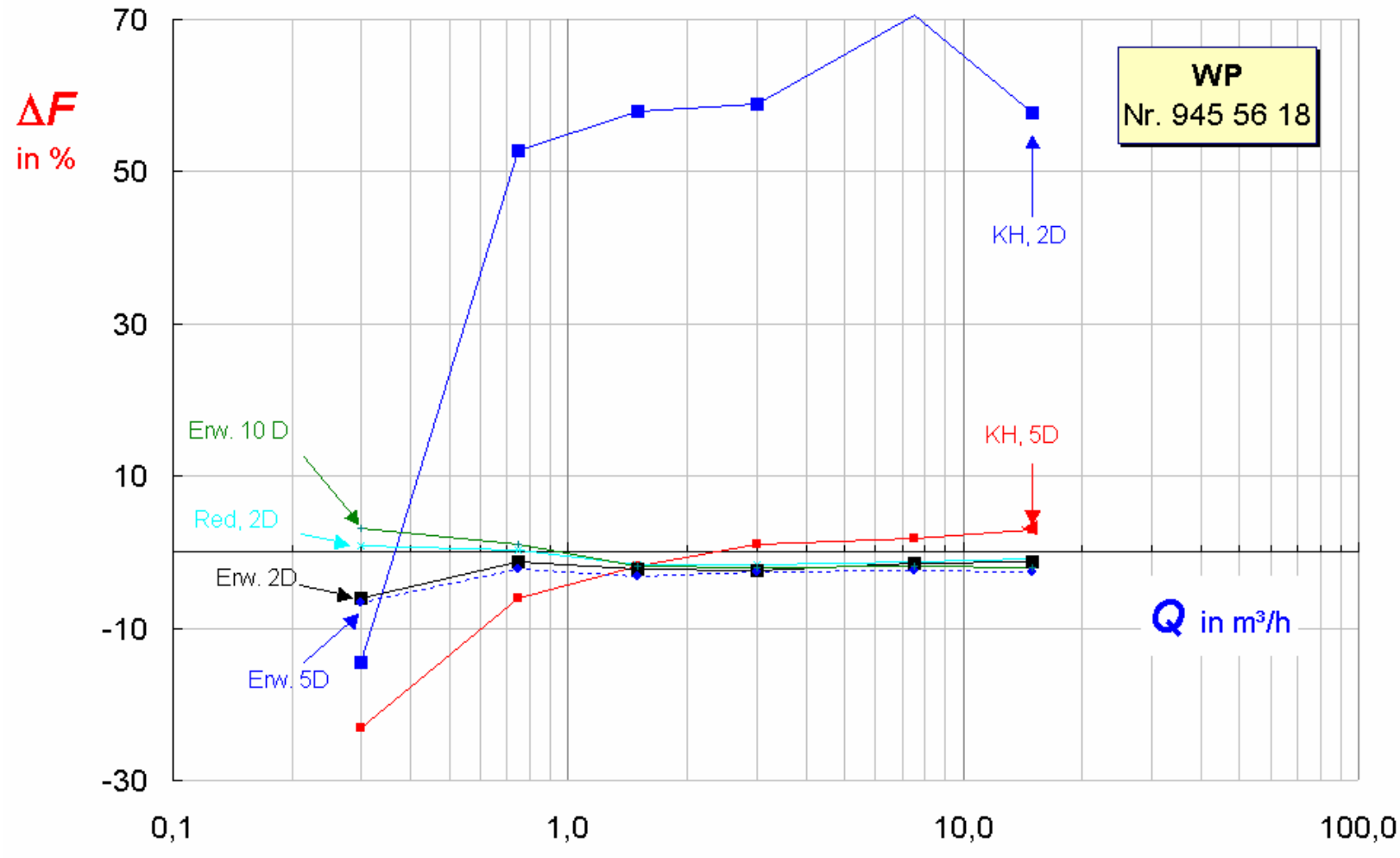
Beispiel: Mehrstrahl-Flügelradzähler (schlechtestes Beispiel)



Beispiel: Woltmanzähler, Typ WP



Halb geöffneter KH, Abhängigkeit v. d. Beruhigungsstrecke



Zu klärende Fragen ...

(1) Vorerst: Wie sieht das Strömungsprofil nach einer Störung an der Stelle der Zählermontage aus?

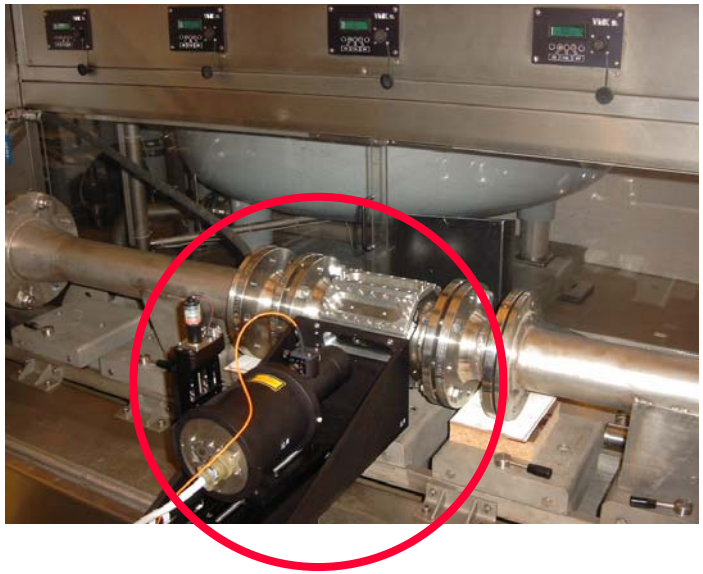
(2) Danach: Bestimmung der Einflüsse geänderter Strömungsprofile auf typische Sensorprinzipien wie

- Flügelradzähler
- Woltmanzähler
- Ultraschallzähler
- MID
- usw.

(3) **Konklusio: Welche Einlauf-/Auslaufstrecken sind nötig?**

Blick auf das LDV-System

2003 wurde ein LDV-System angeschafft:



Neodym YAG Laser

P = 75 mW

f = 532 nm

Messvolumenlänge: ca 1 mm

Messvolumenbreite: ca. 0,3 mm

Für unsere Untersuchungen verwendeten wir drei Fensterkammern:

- **DN 100, DN 40 leihweise von der PTB**
- **DN 50 im BEV selbstgebaut**

Störquellen bei DN 40

- halbgeöffneter Kugelhahn
- Diffusor / Konfusor
- Gleichrichter als „Störung“ ➔ ausgeblendet
- Rohrverengung
- „Blende“ ➔ausgeblendet

....

Einige Bilder zu den „Störkörpern“

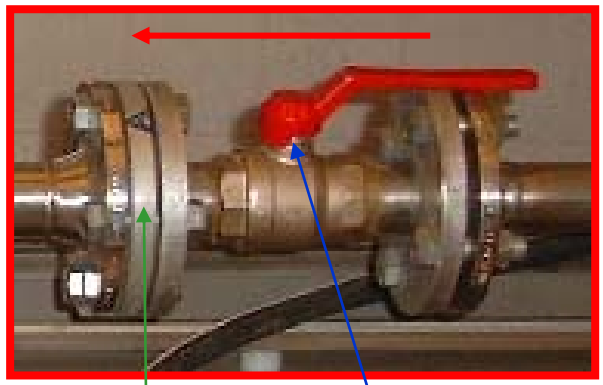
Gleichrichter (Mitsubishi)

Kugelhahn ½-offen

Rohr-in-Rohr-System: DN 40 → DN 50

Diffusor 100 mm

→ 107,1 mm



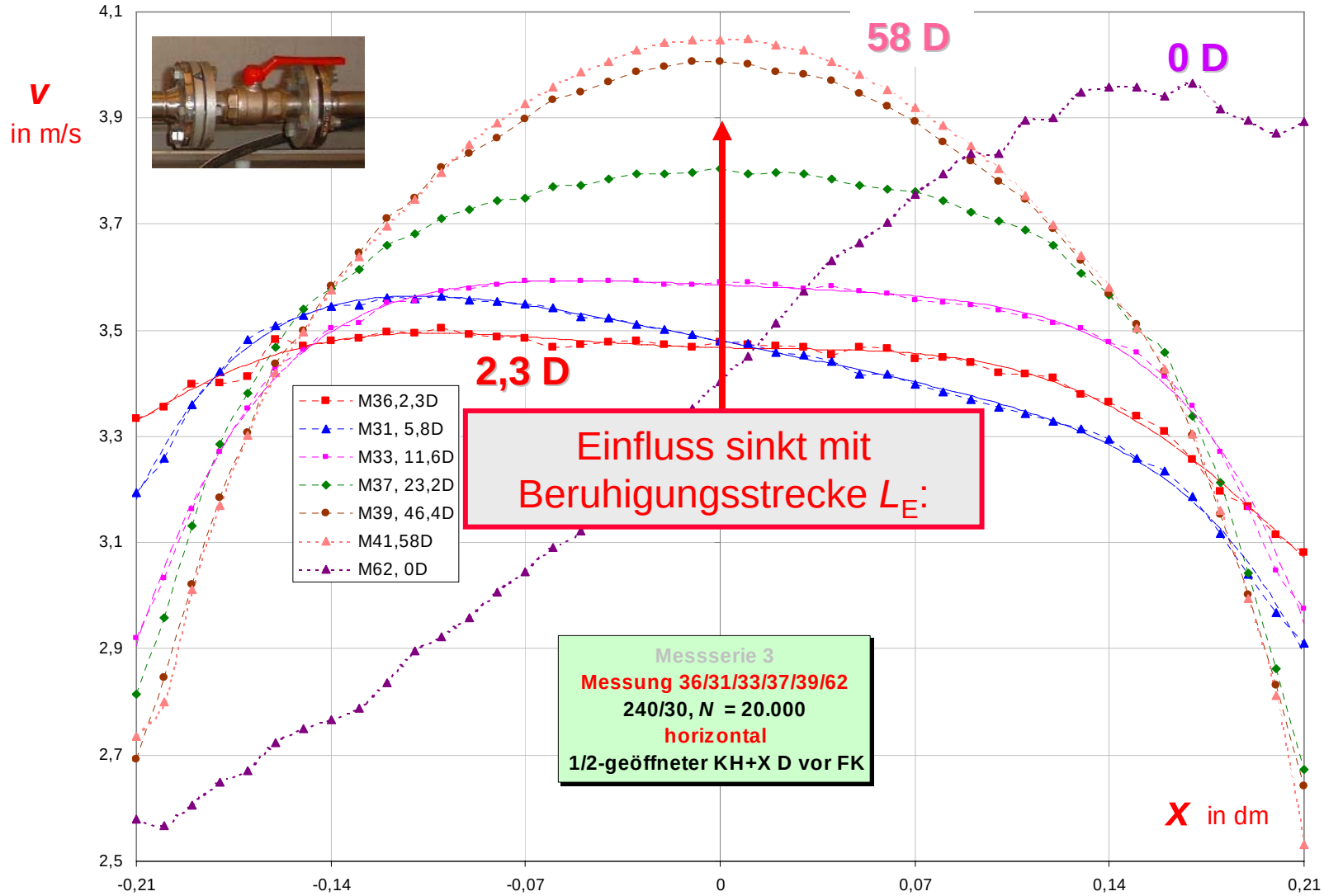
Gleichrichter und Kugelhahn

Blende

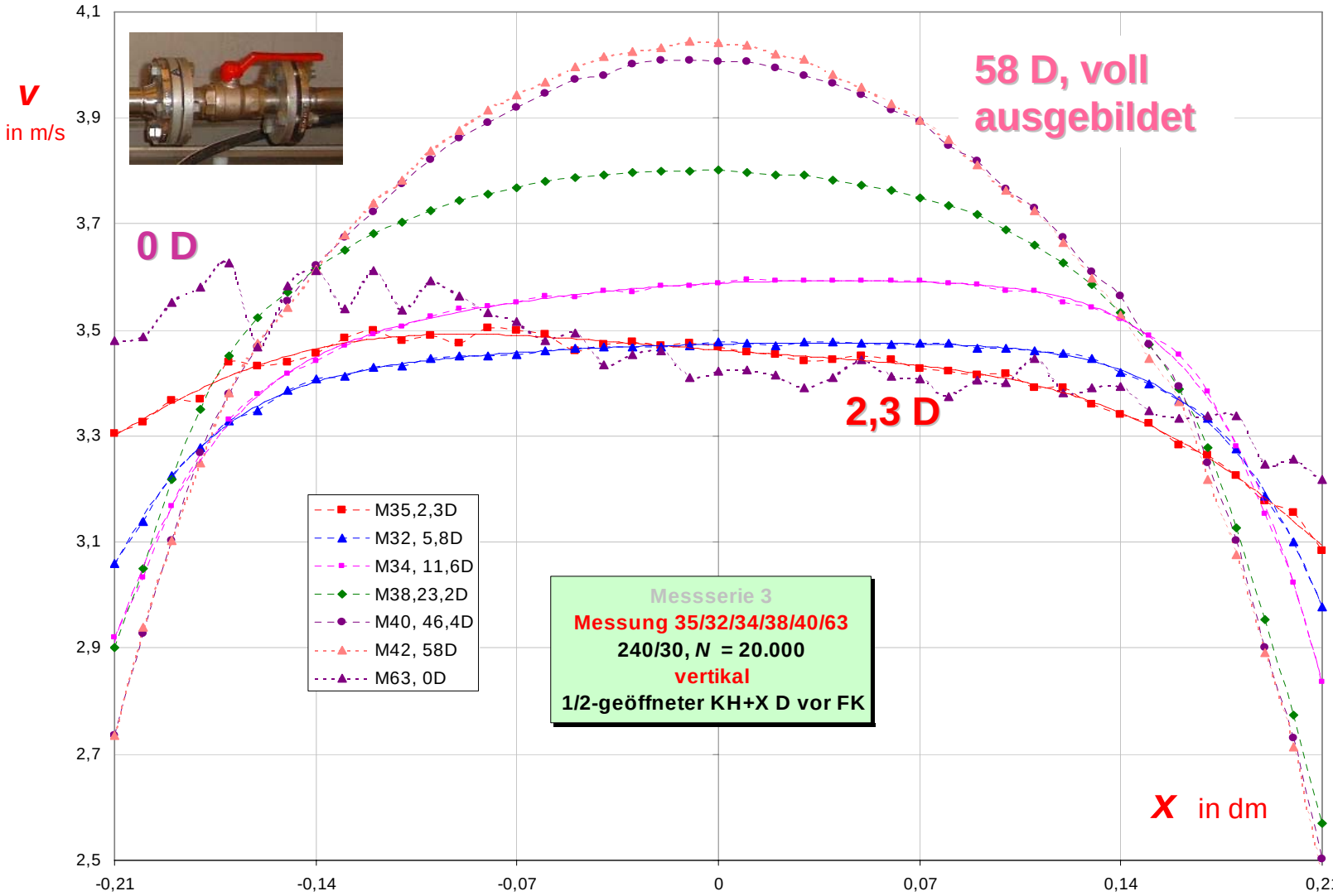
Für alle folgenden Messergebnisse gilt:

- Gemessen wurden Rohrnennweiten DN 40 und DN 50
- Alle Rohrleitungen aus V4A-Stahl
- Temperatur des Wassers: 35 °C

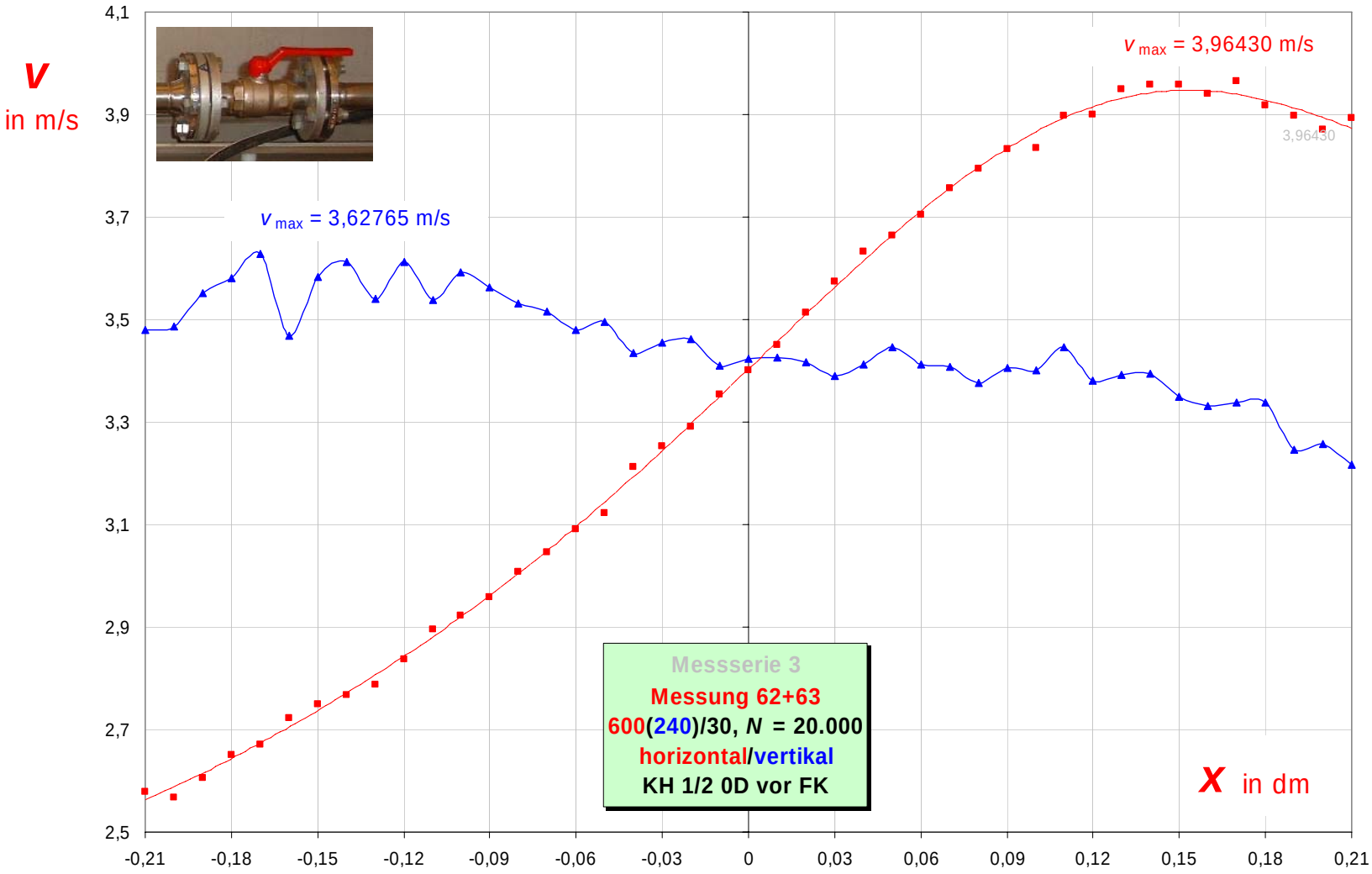
Einfluss eines 1/2-geöffneten Kugelhahns, horizontale Richtung



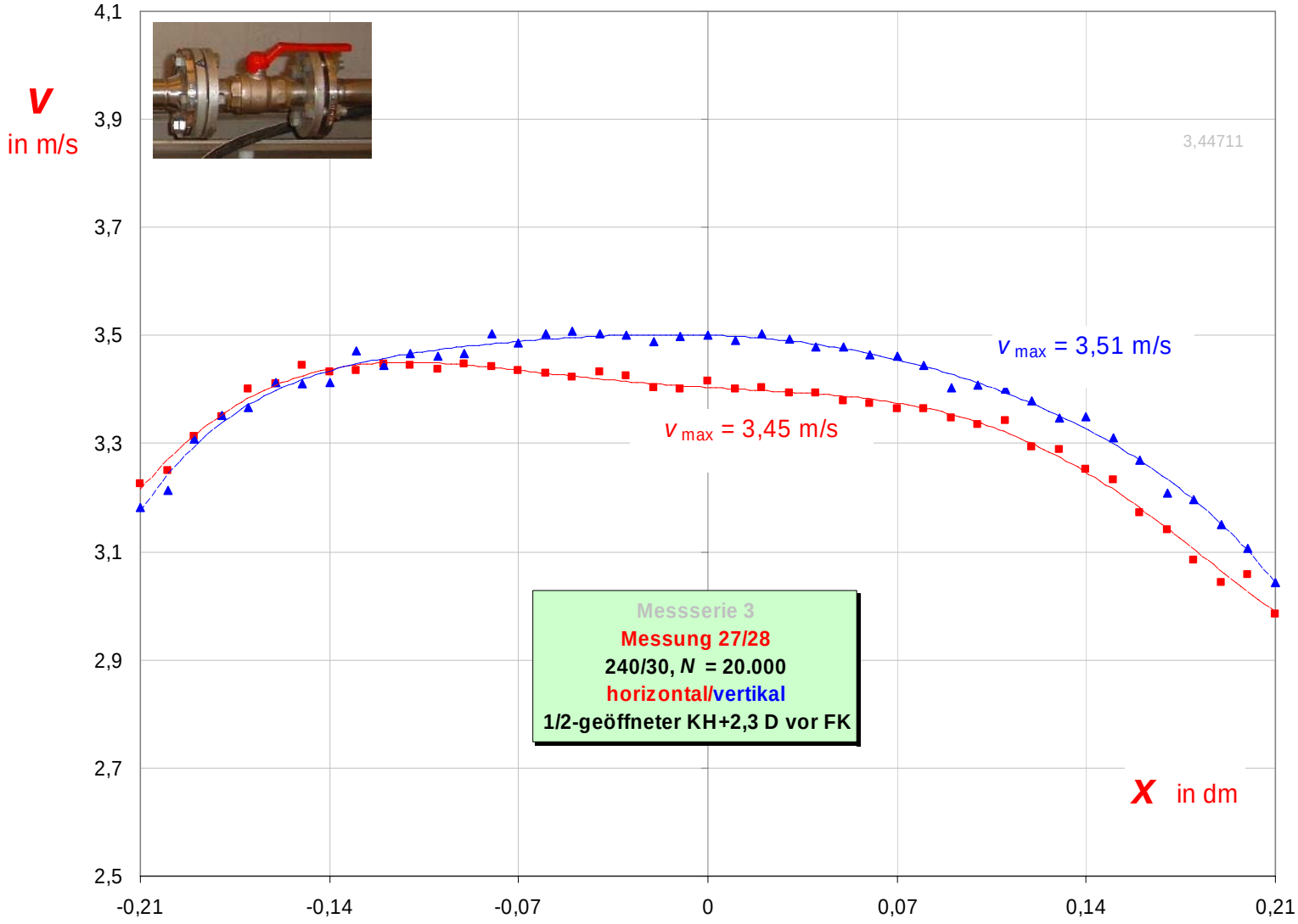
Einfluss eines 1/2-geöffneten Kugelhahns, vertikale Richtung



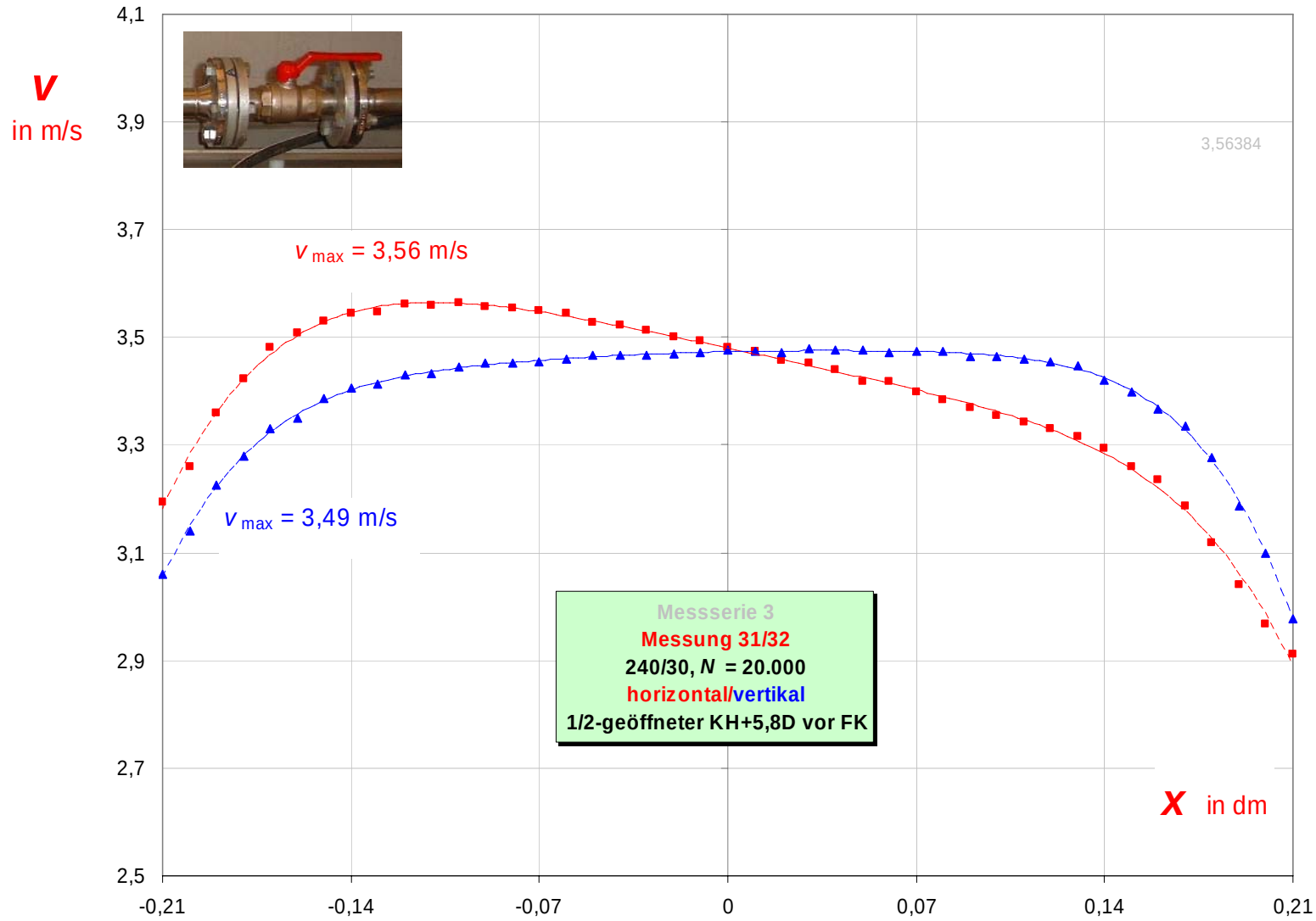
KH 1/2-offen, 0 D vor Kammer



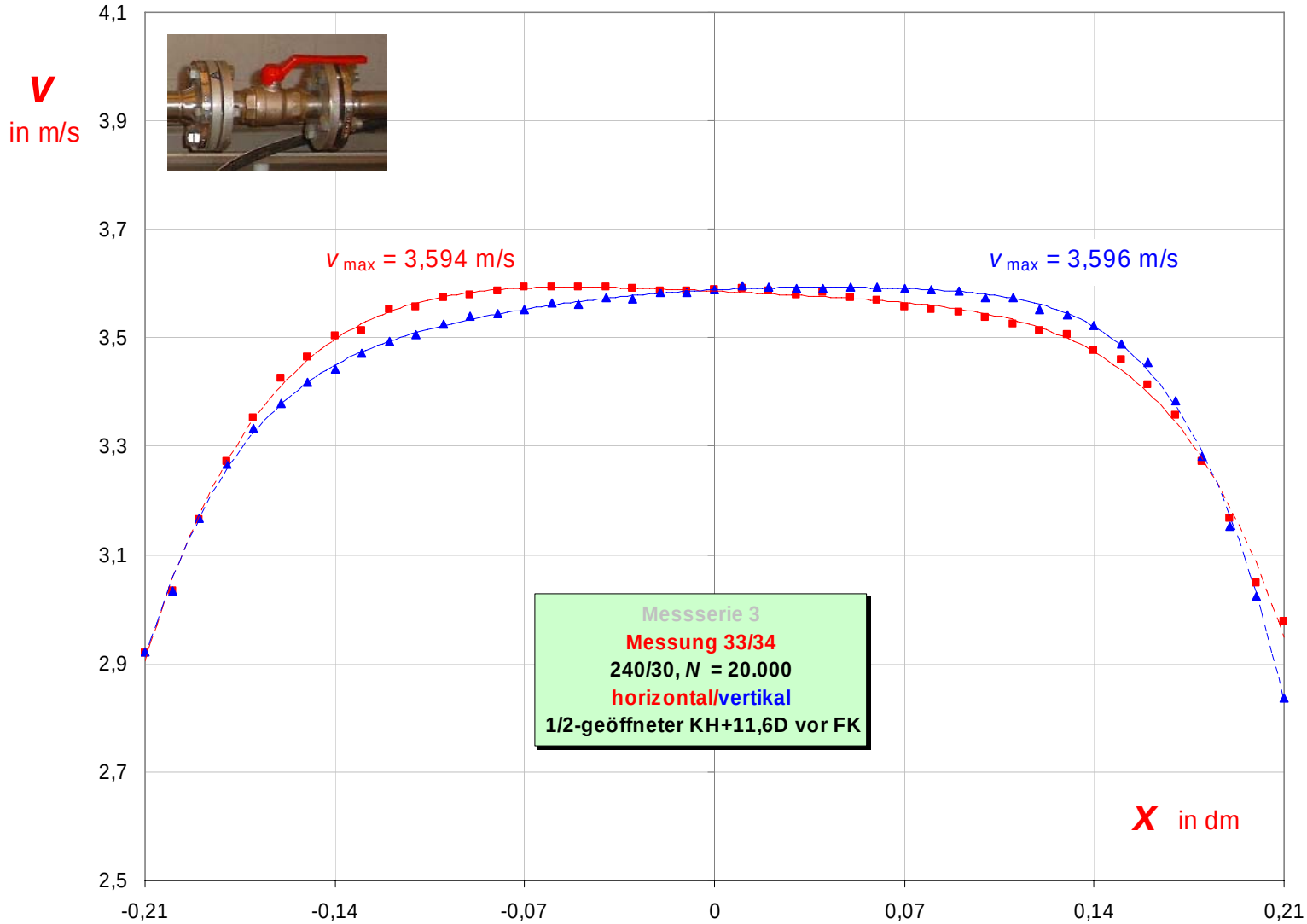
KH 1/2-offen, 2,3 D vor Kammer



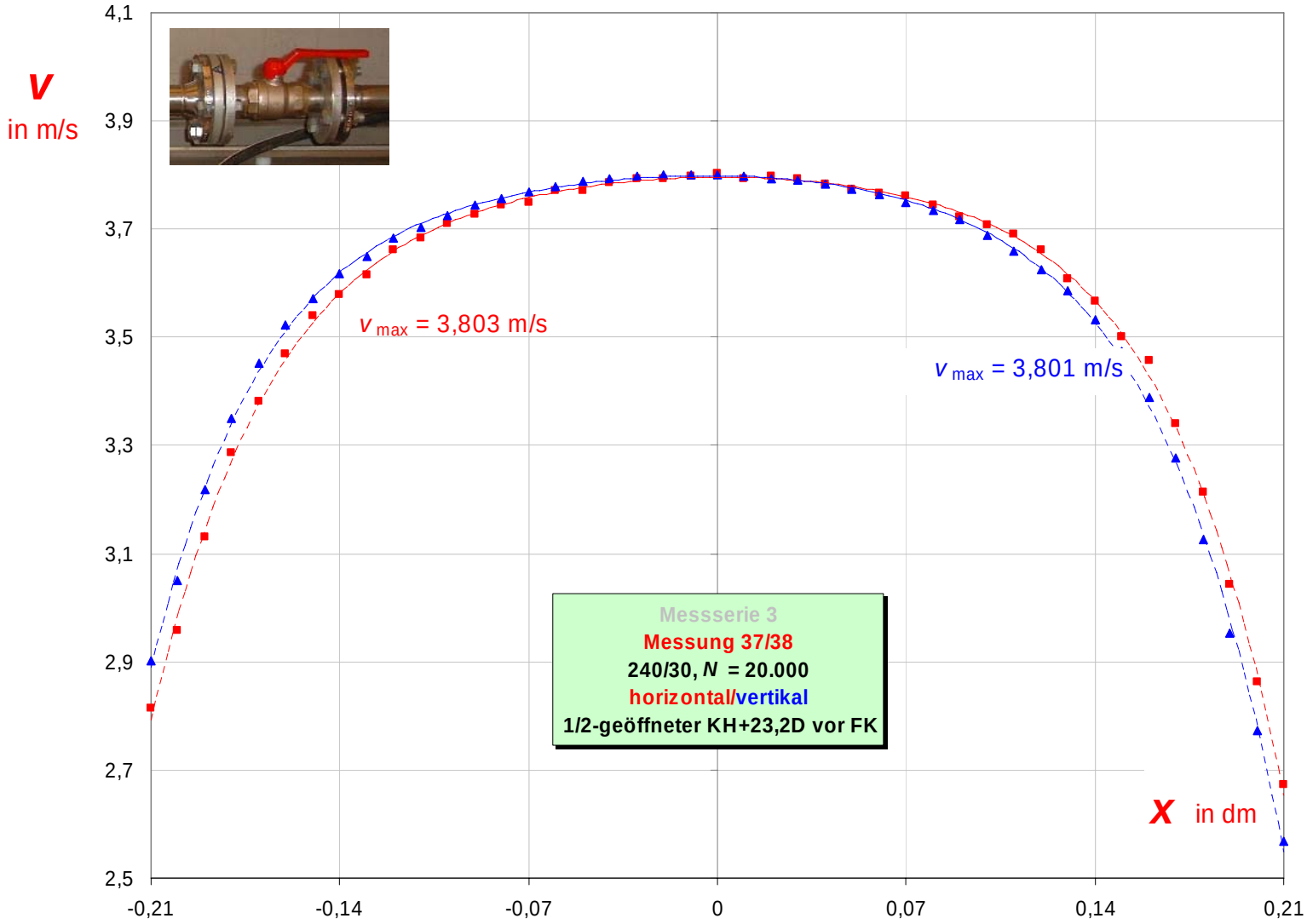
KH 1/2-offen, 5,8 D vor Kammer



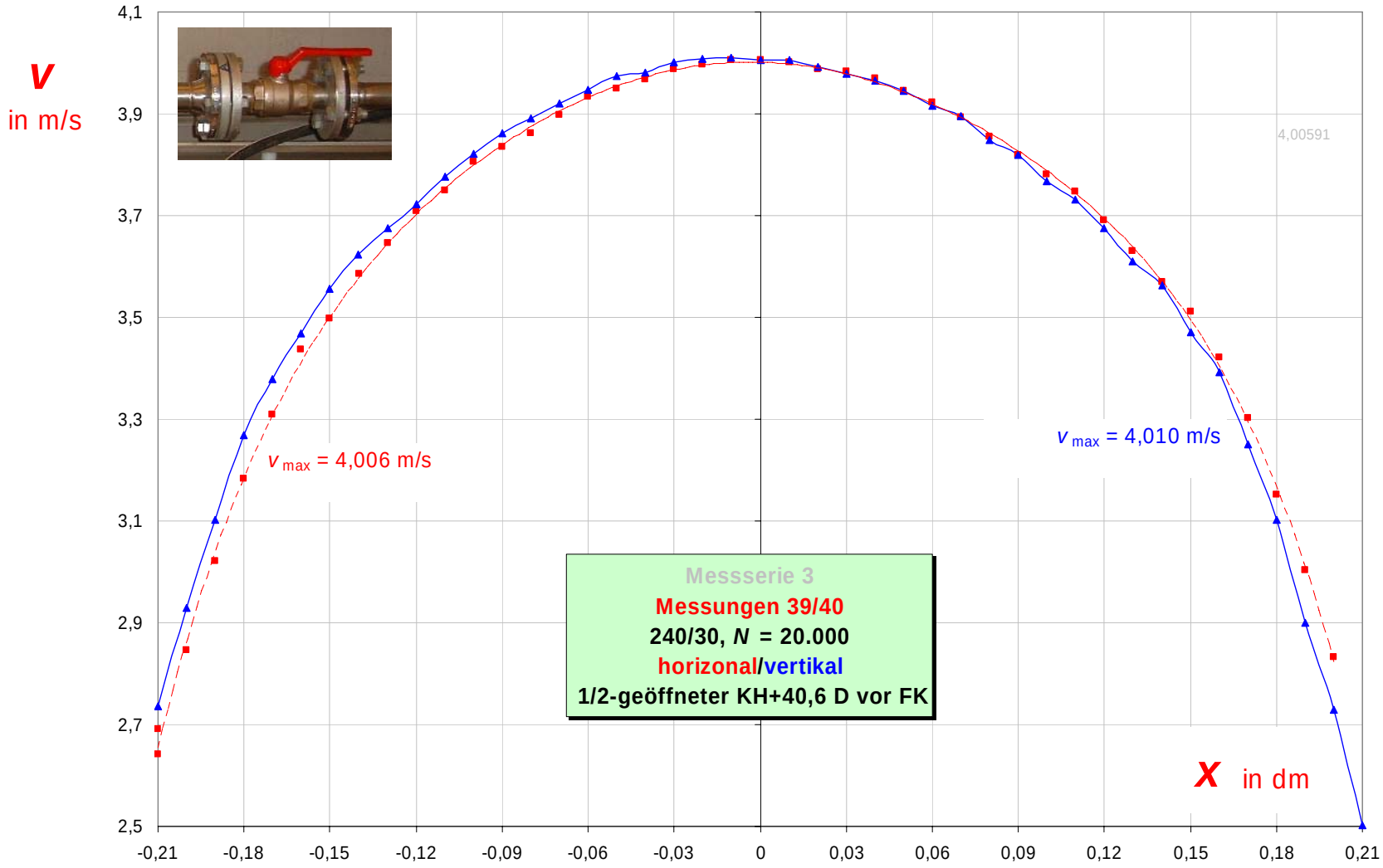
KH 1/2-offen, 11,6 D vor Kammer



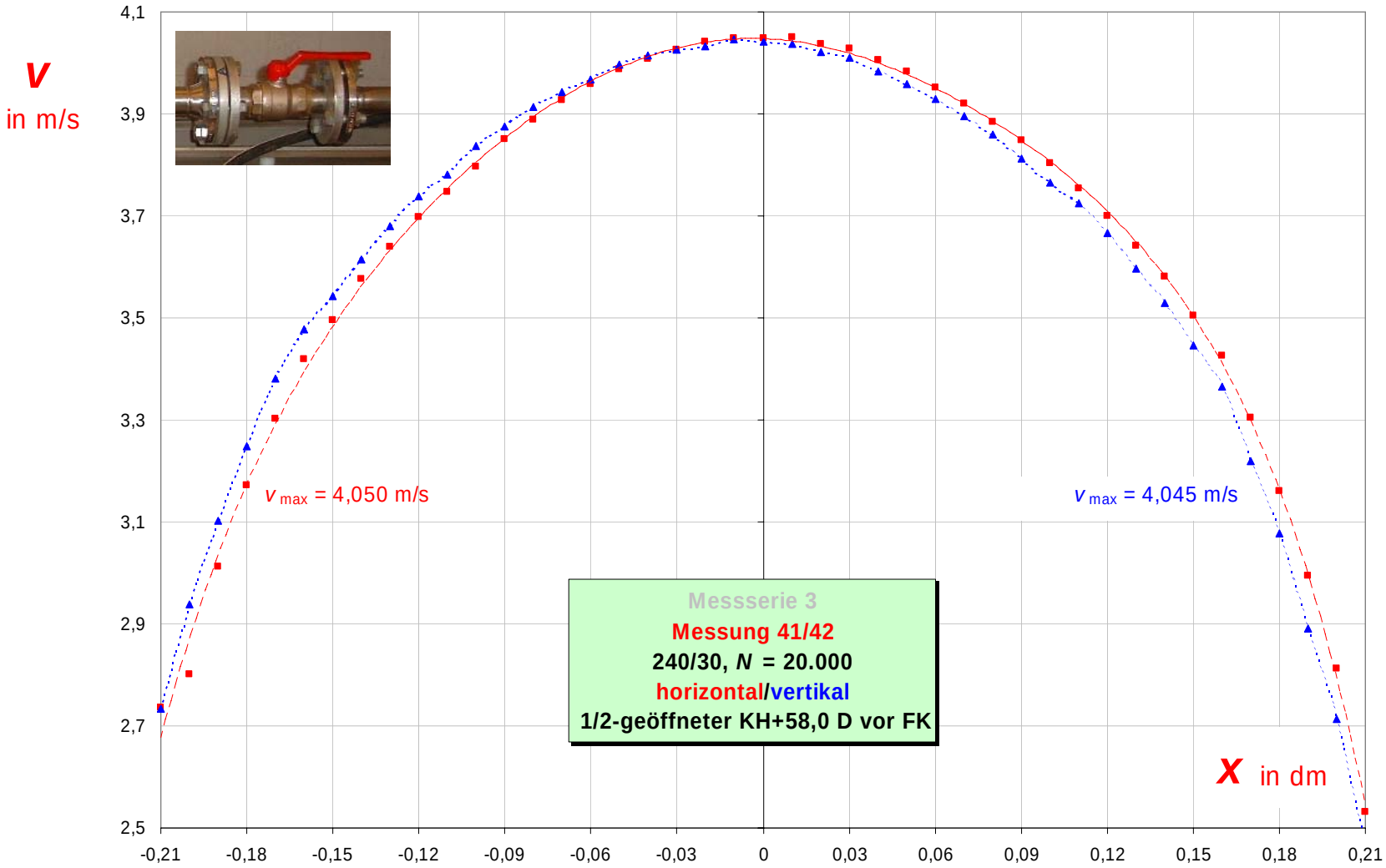
KH 1/2-offen, 23,2 D vor Kammer



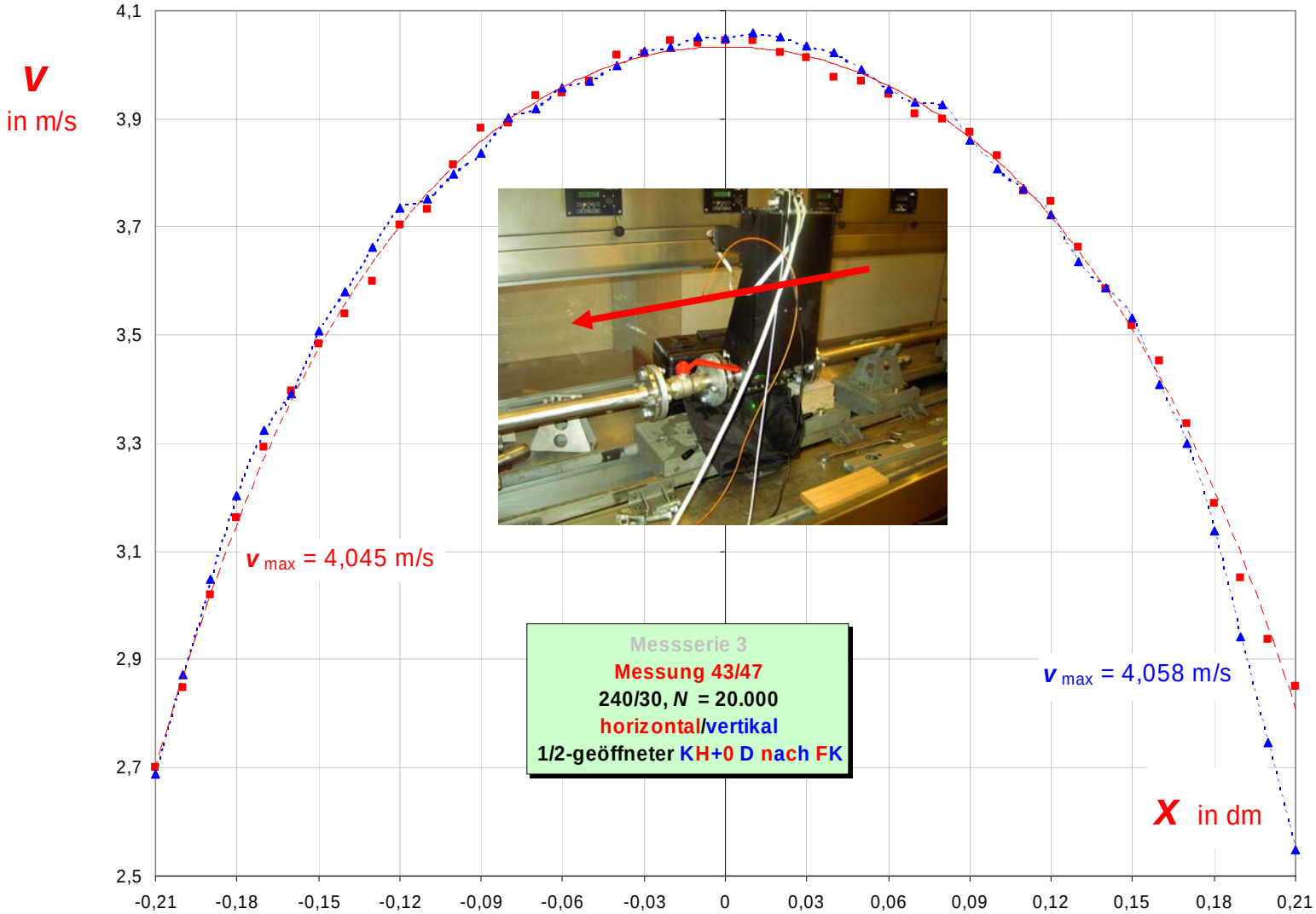
KH 1/2-offen, 40,6 D vor Kammer



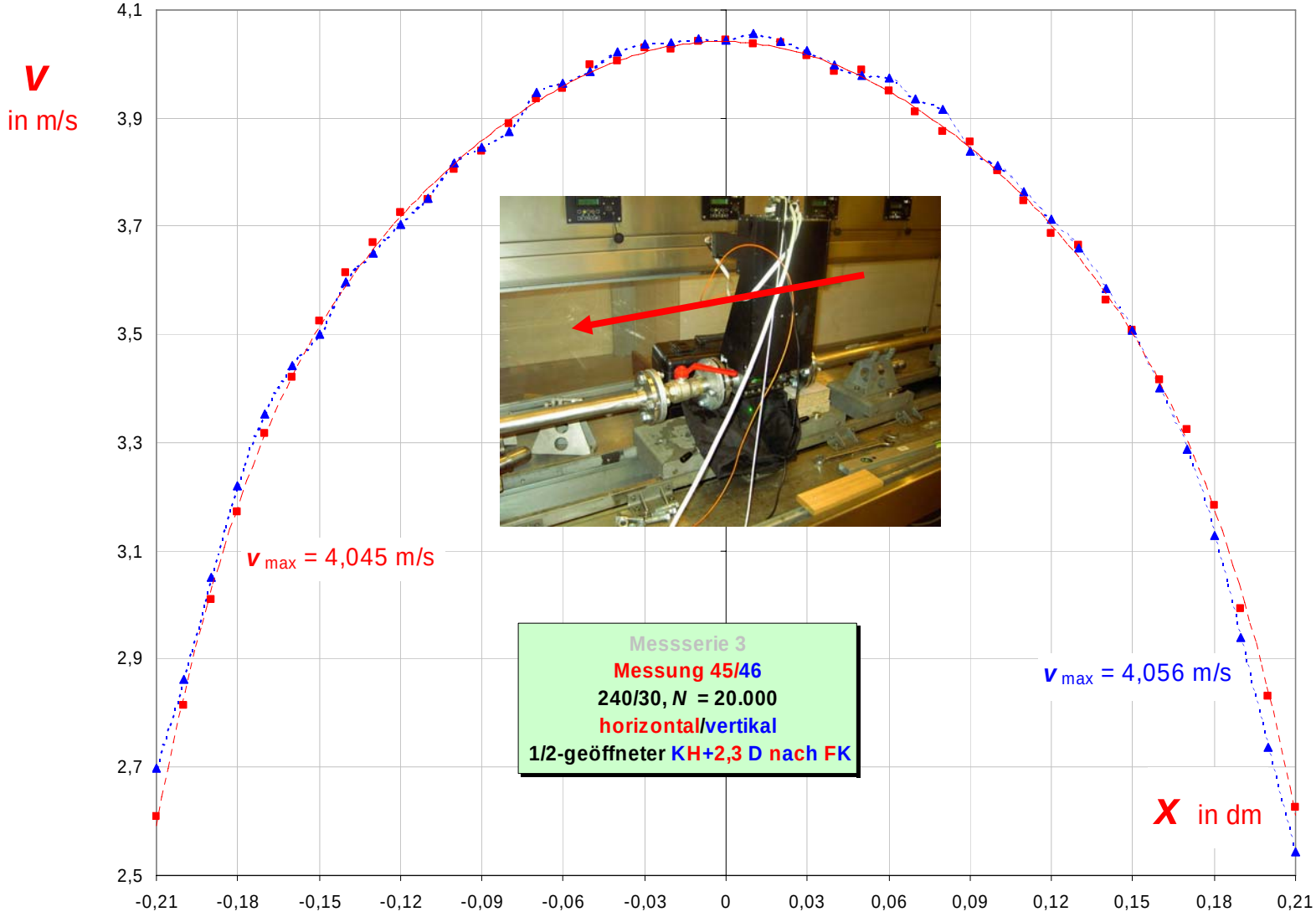
KH 1/2-offen, 58,0 D vor Kammer



KH 1/2-offen, 0 D nach Kammer

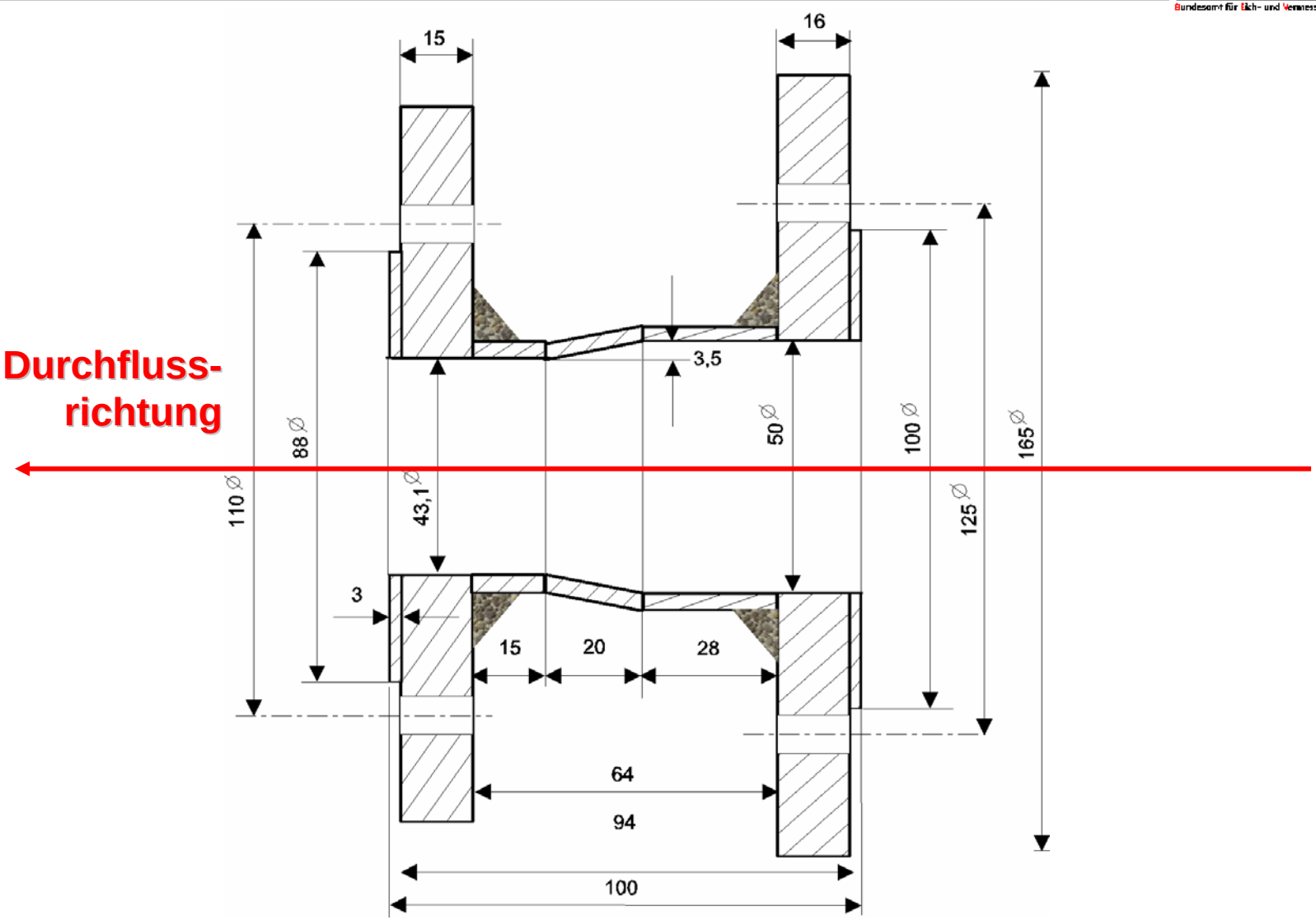


KH 1/2-offen, 2,3 D nach Kammer

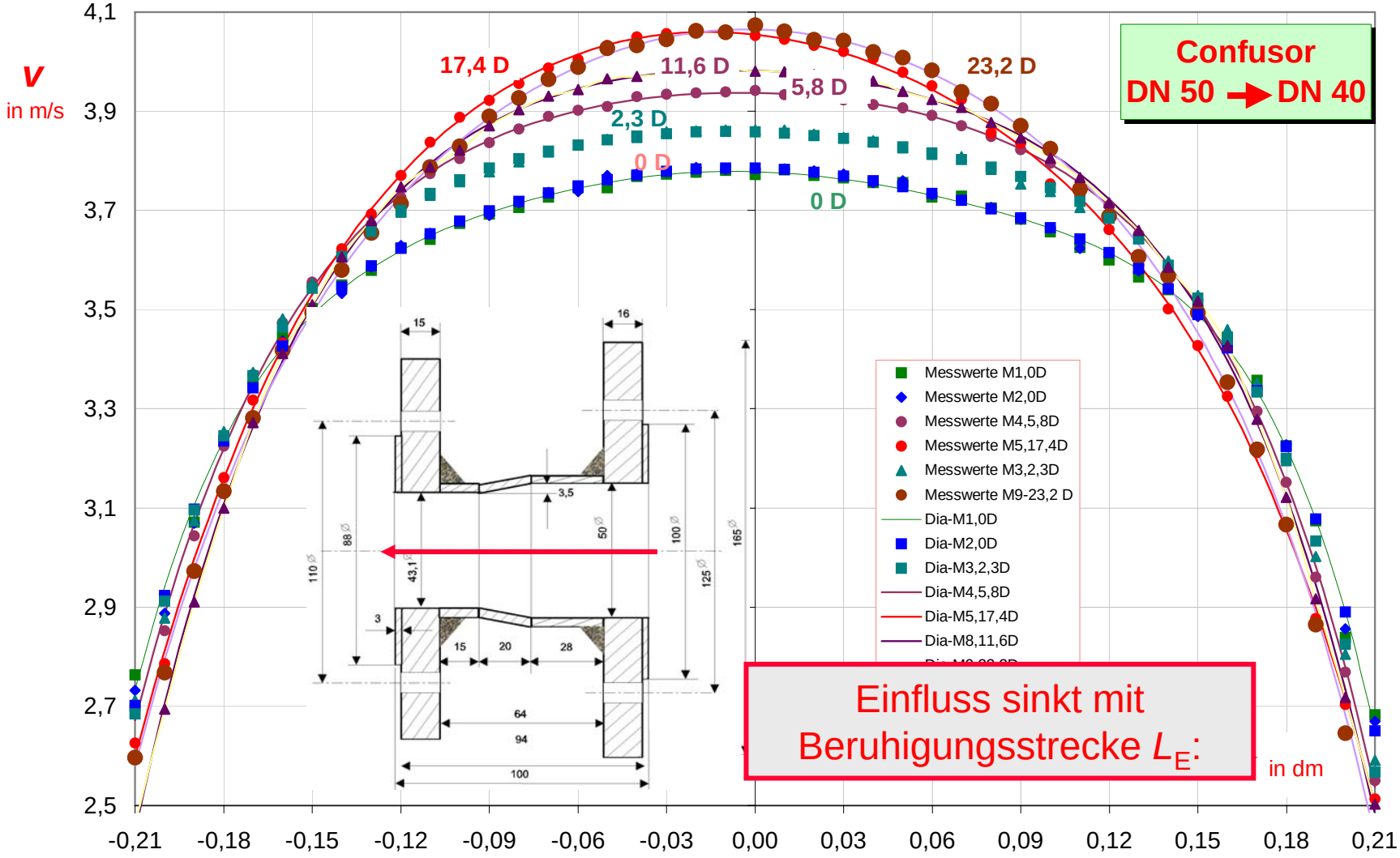


Einfluss eines Konfusors: DN 50 ➔ DN 40 (50,0 mm to 43, 1mm)

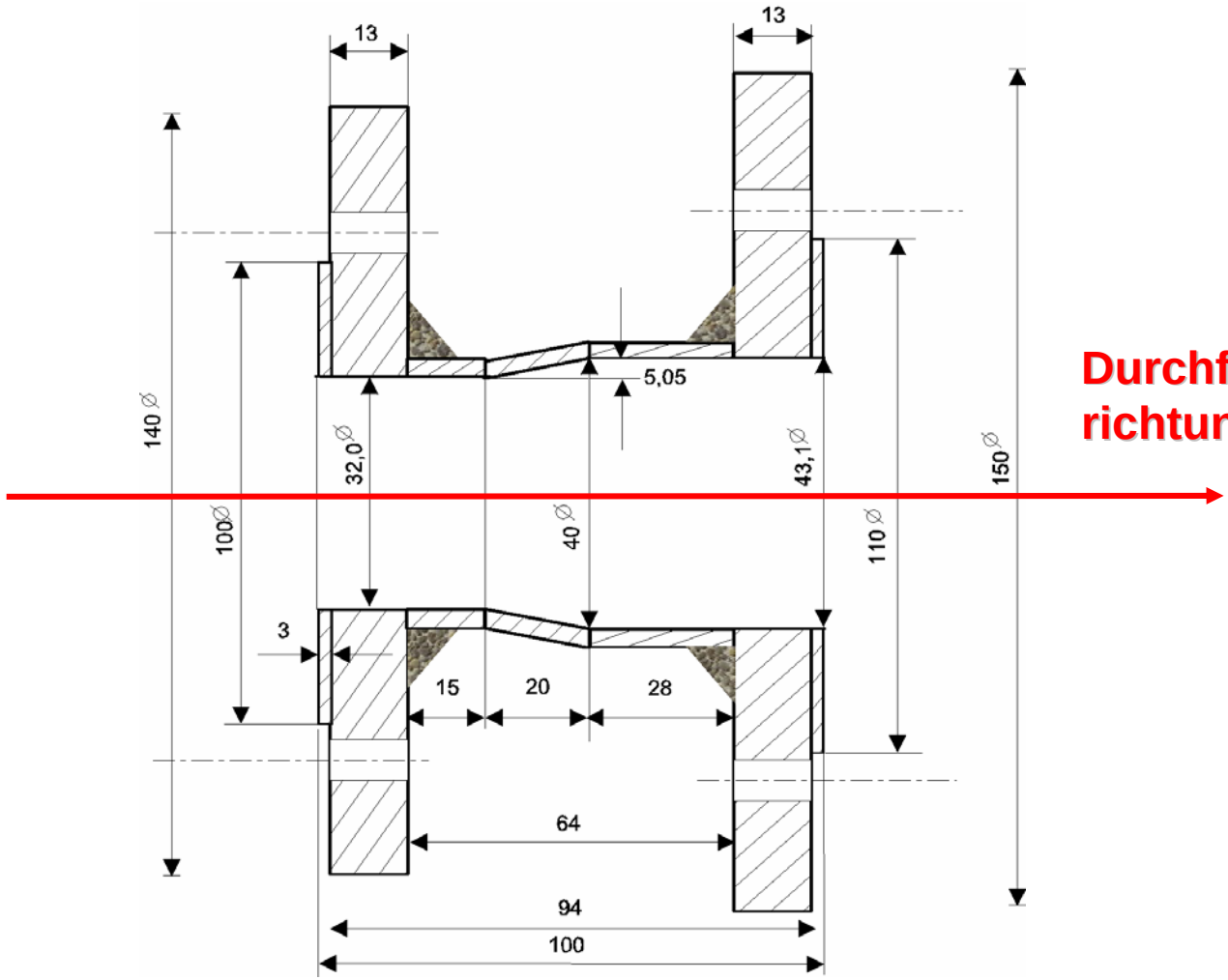
Willkommen im BEV
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen



Beeeinflussung des Profiles durch einen Konfusor

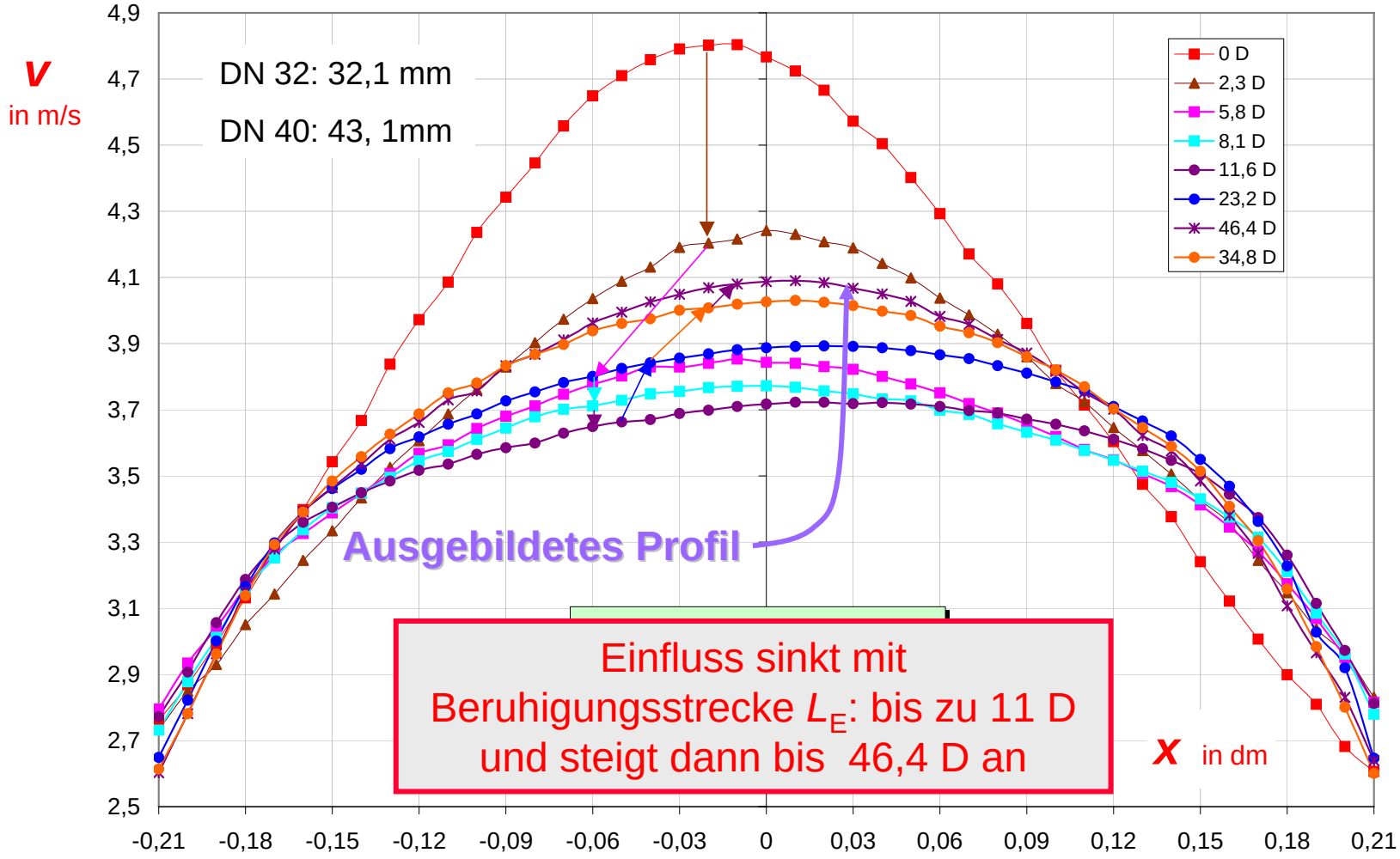


Diffusor DN 32 ➔ DN 40

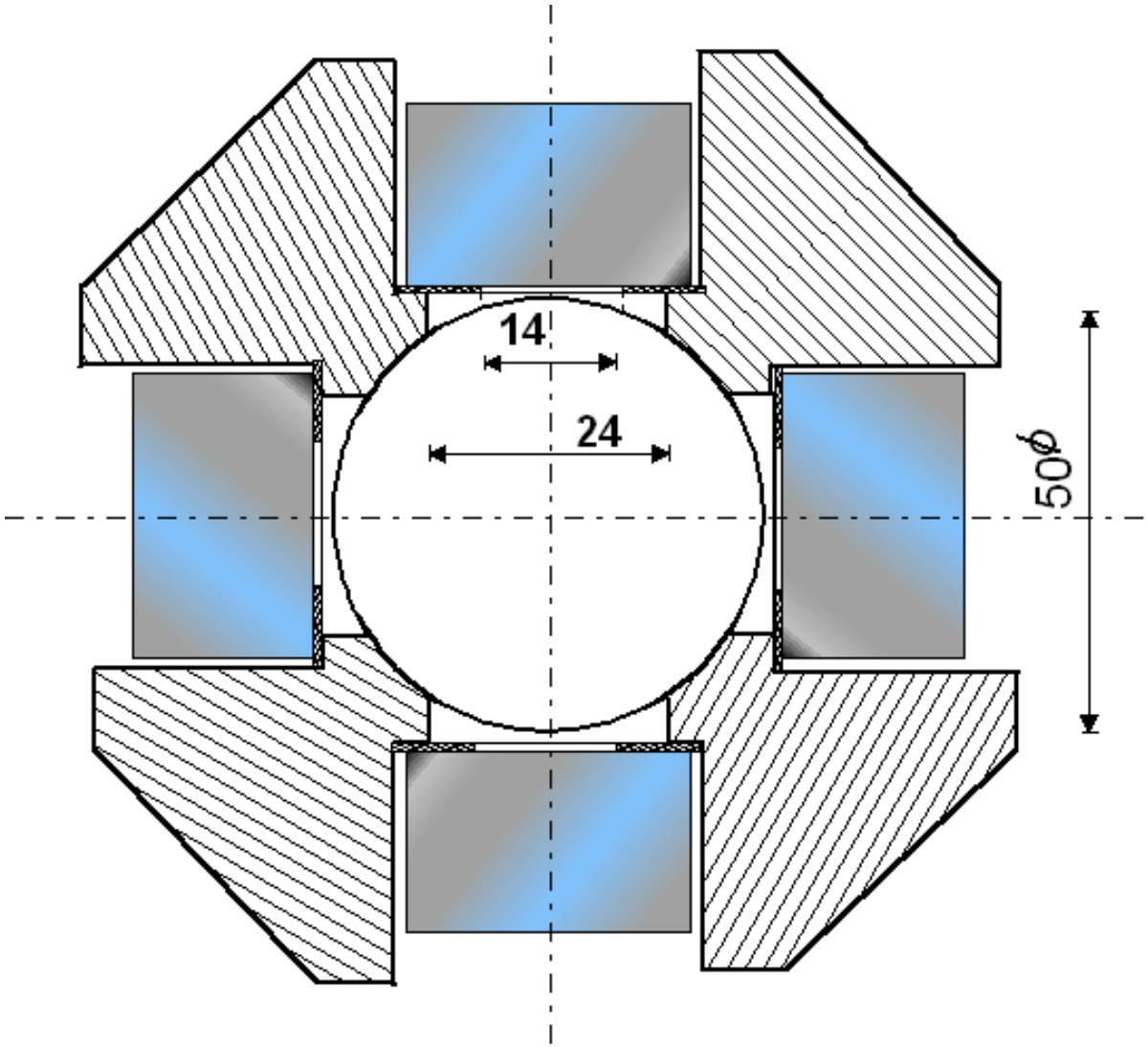


Durchfluss-richtung

Beeeinflussung des Profiles durch einen Diffusor DN 32 → DN 40



Querschnitt durch eine Fensterkammer DN 50



Linear gemittelte Geschwindigkeit: Basis Polynom 6. Grades

$$v(r) = a_0 + a_1 r + a_2 r^2 + a_3 r^3 + a_4 r^4 + a_5 r^5 + a_6 r^6$$

Koeffizienten bestimmen ➔

$$v_{m,lin} = \frac{1}{2R} \int_{r=-R}^{R} v(r)\, dr = a_0 + \frac{a_2}{3} R^2 + \frac{a_4}{5} R^4 + \frac{a_6}{7} R^6$$

Willkommen im BEV
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

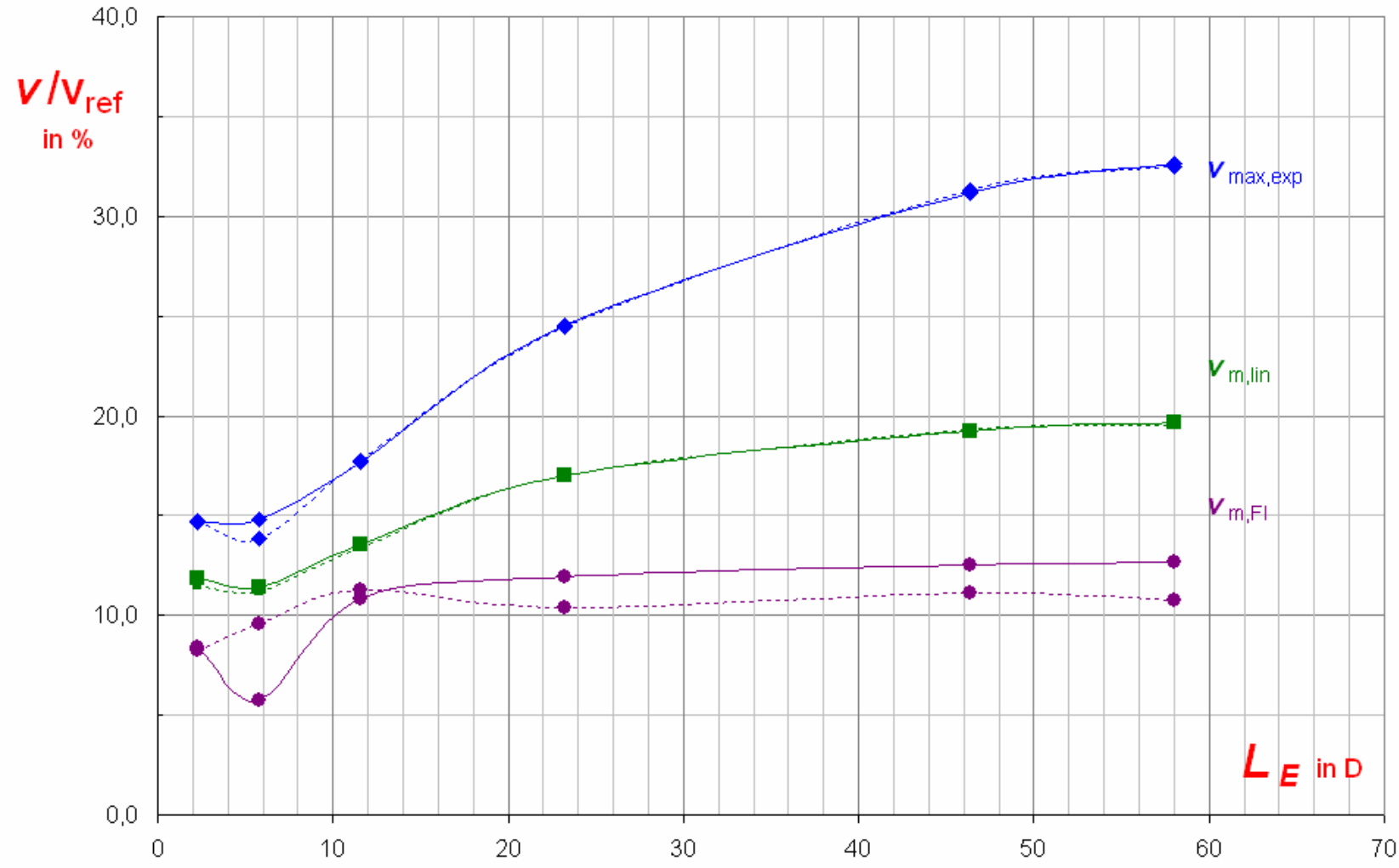
2 Möglichkeiten:

- horizontale Durchstrahlung
- vertikale Durchstrahlung

$$v_{m,Fl} = \frac{1}{R^2 \pi} \int_{-R}^{R} \int_{\varphi=0}^{2\pi} v(r,\varphi)\, dr\, d\varphi =$$

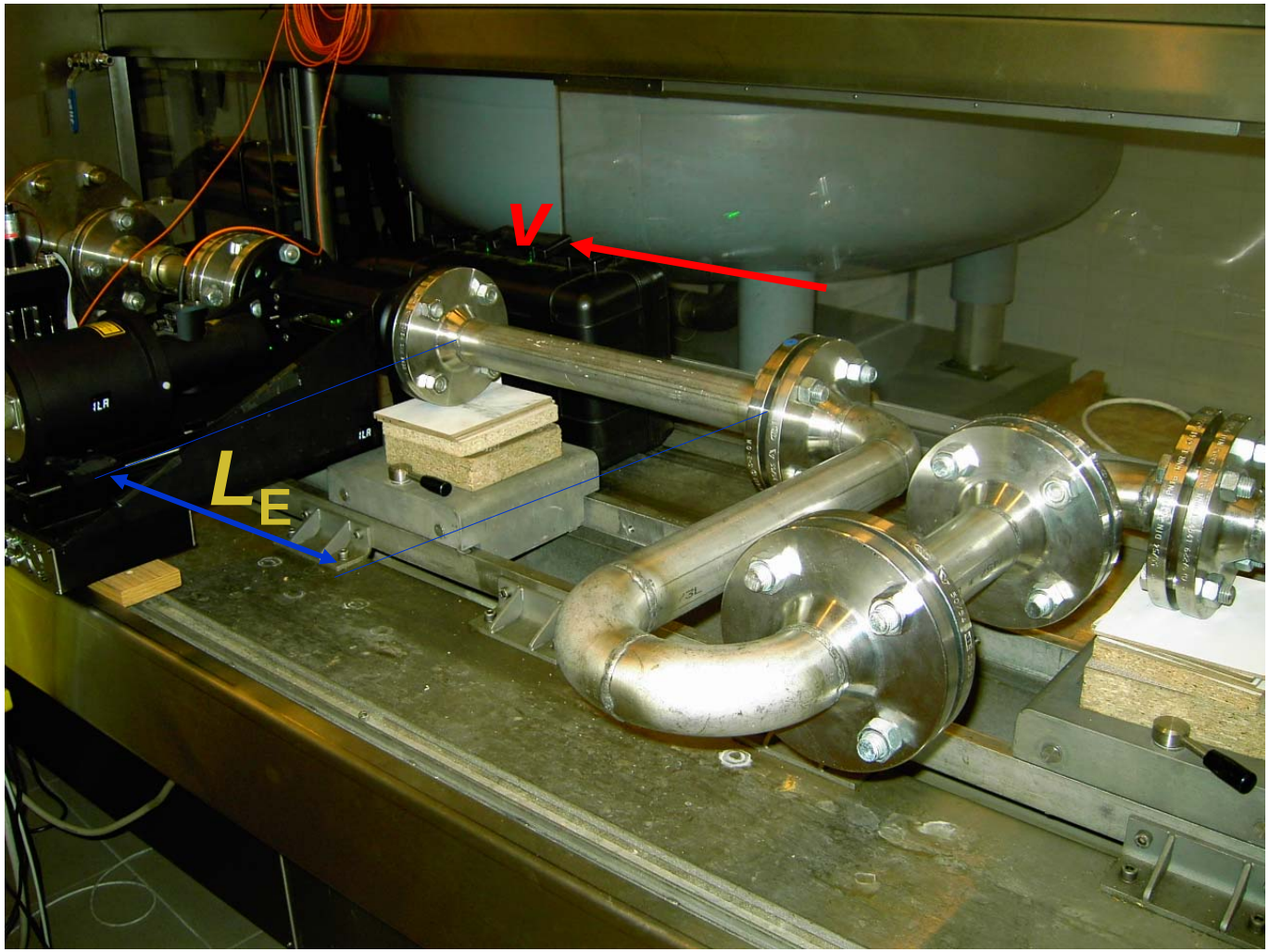
$$= a_0 + \frac{2}{3} a_1 R + \frac{1}{2} a_2 R^2 + \frac{2}{5} a_3 R^3 + \frac{1}{3} a_4 R^4 + \frac{2}{7} a_5 R^5 + \frac{1}{4} a_6 R^6$$

Charakteristische Geschwindigkeiten nach Störung KH 1/2-offen - %

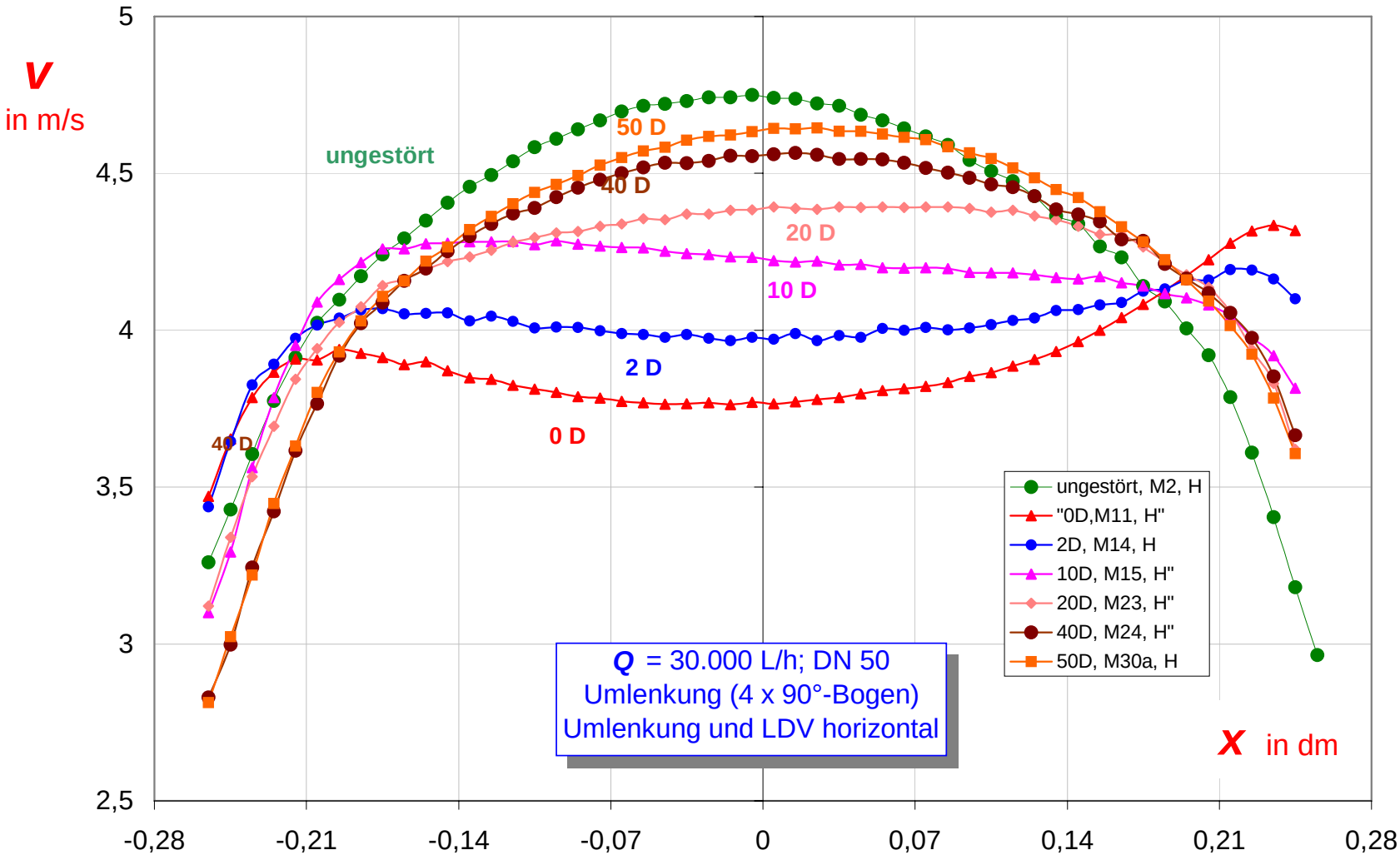


Weitere Messungen an Zählern

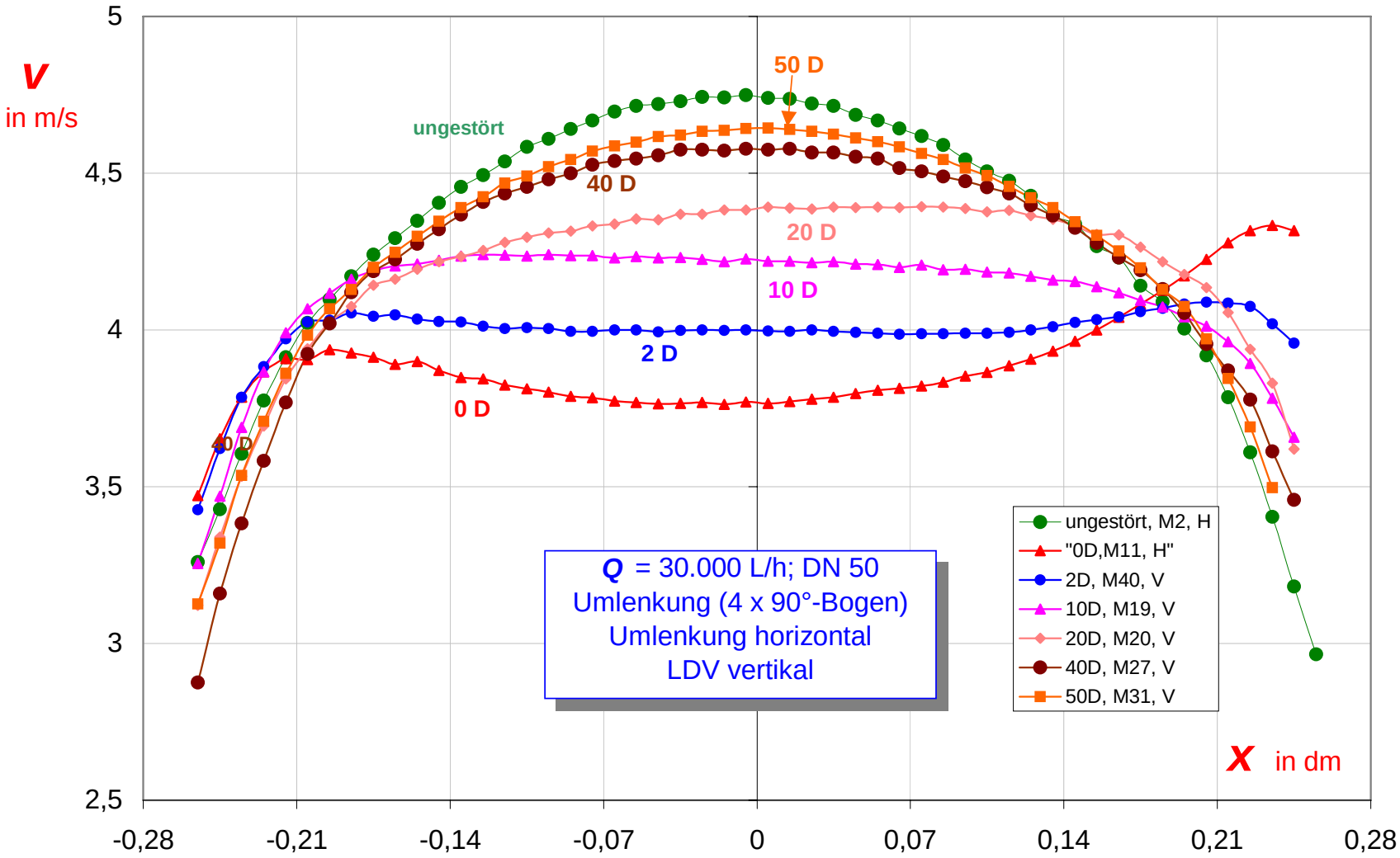
Umlenkung vor Fensterkammer DN 50



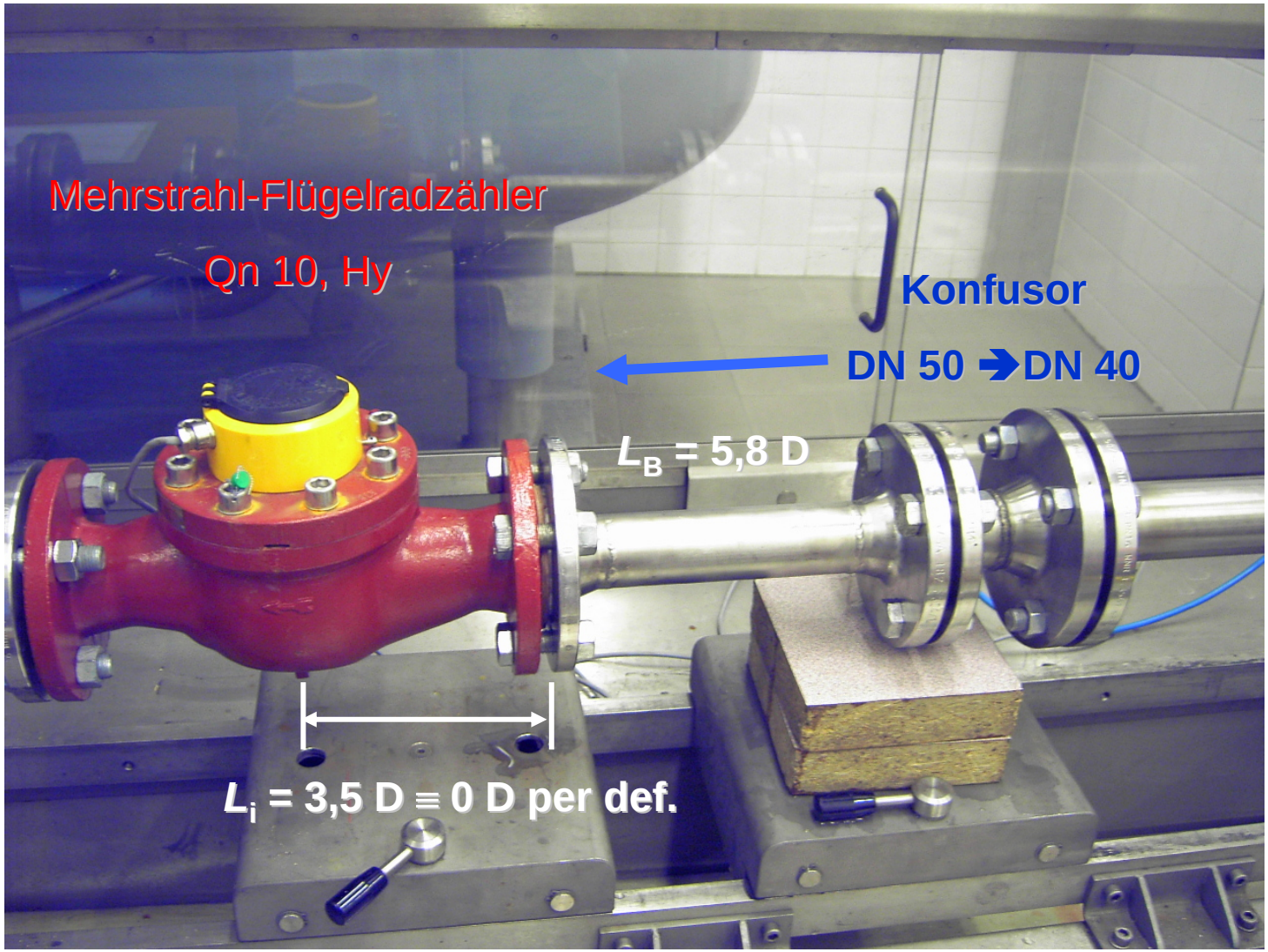
Rohrbogen in x D vor Fensterkammer, Durchstrahlung horizontal



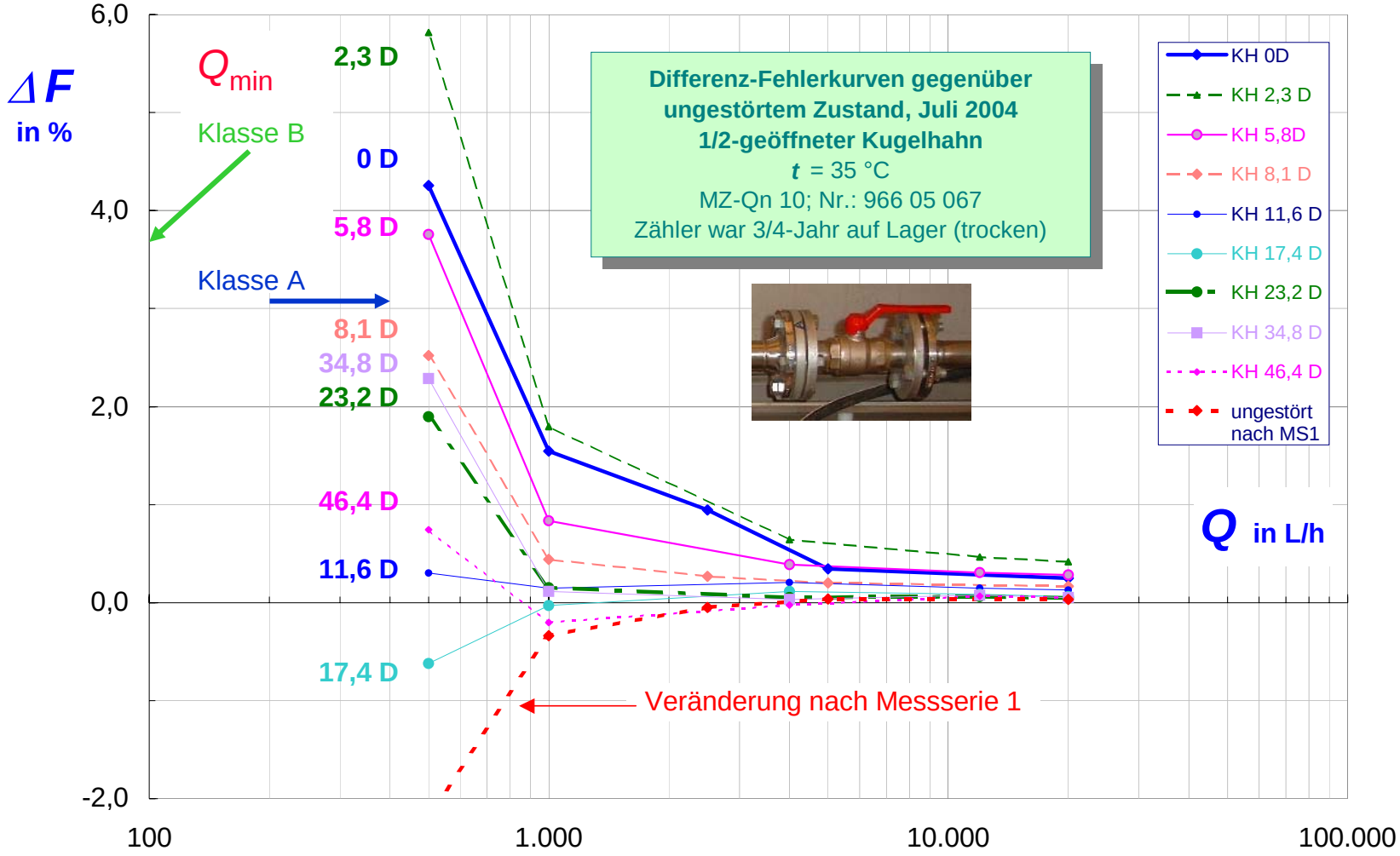
Rohrbogen in x D vor Fensterkammer, Durchstrahlung vertikal



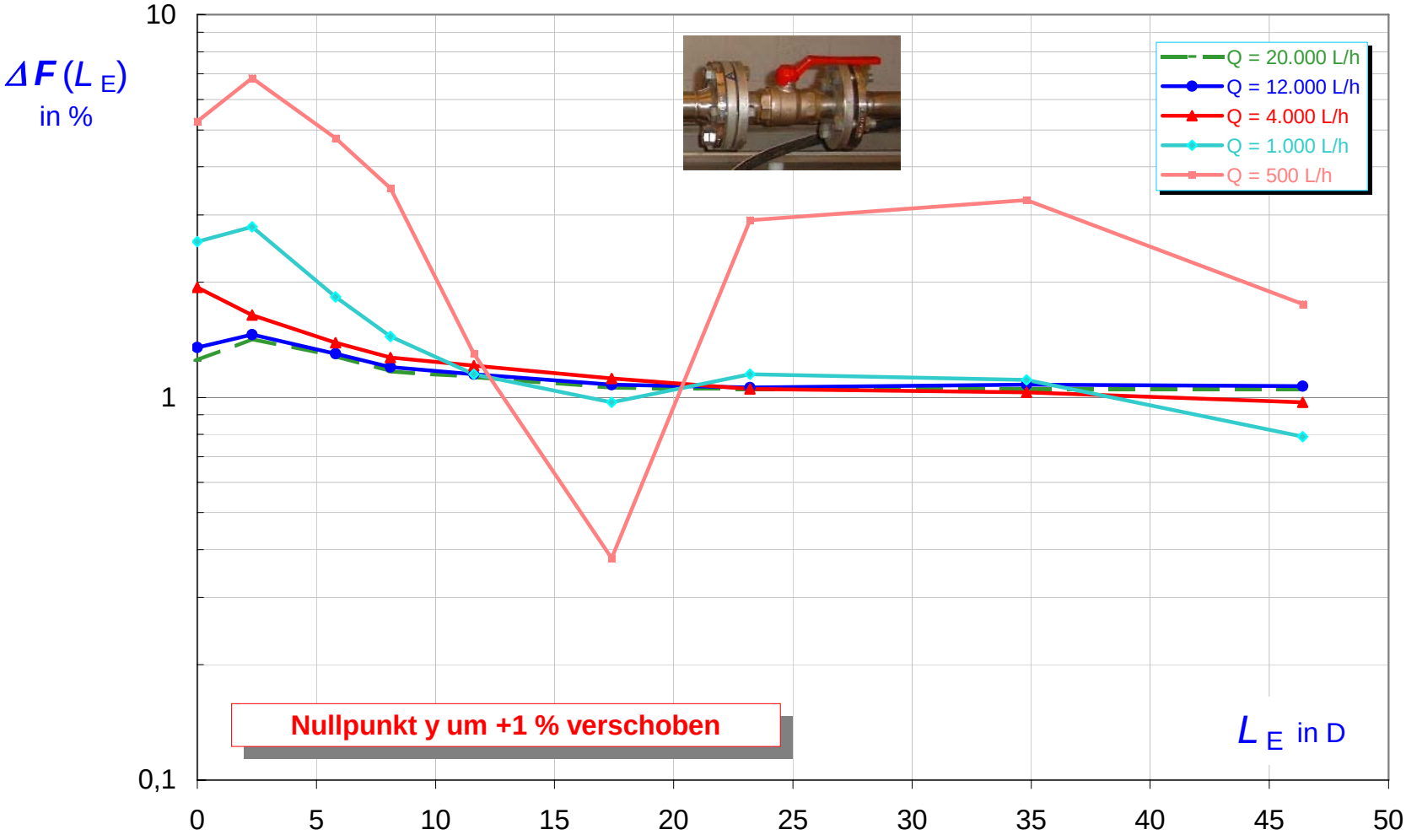
Erste Ergebnisse an Wasserzählern – Hydrometer Qn 10



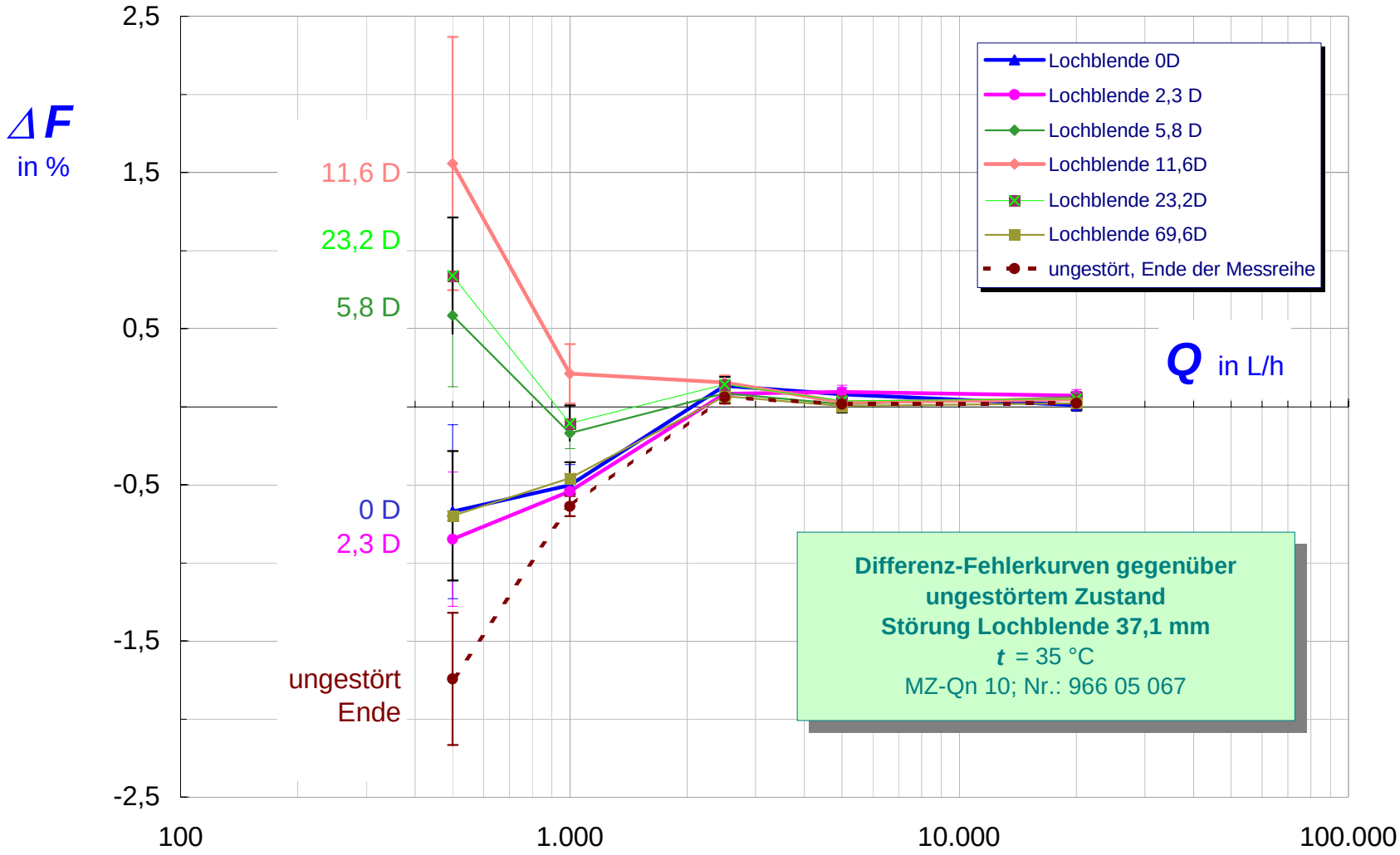
Flügelradzähler DN 40 – Verschiebung der FK durch ½-offenen KH



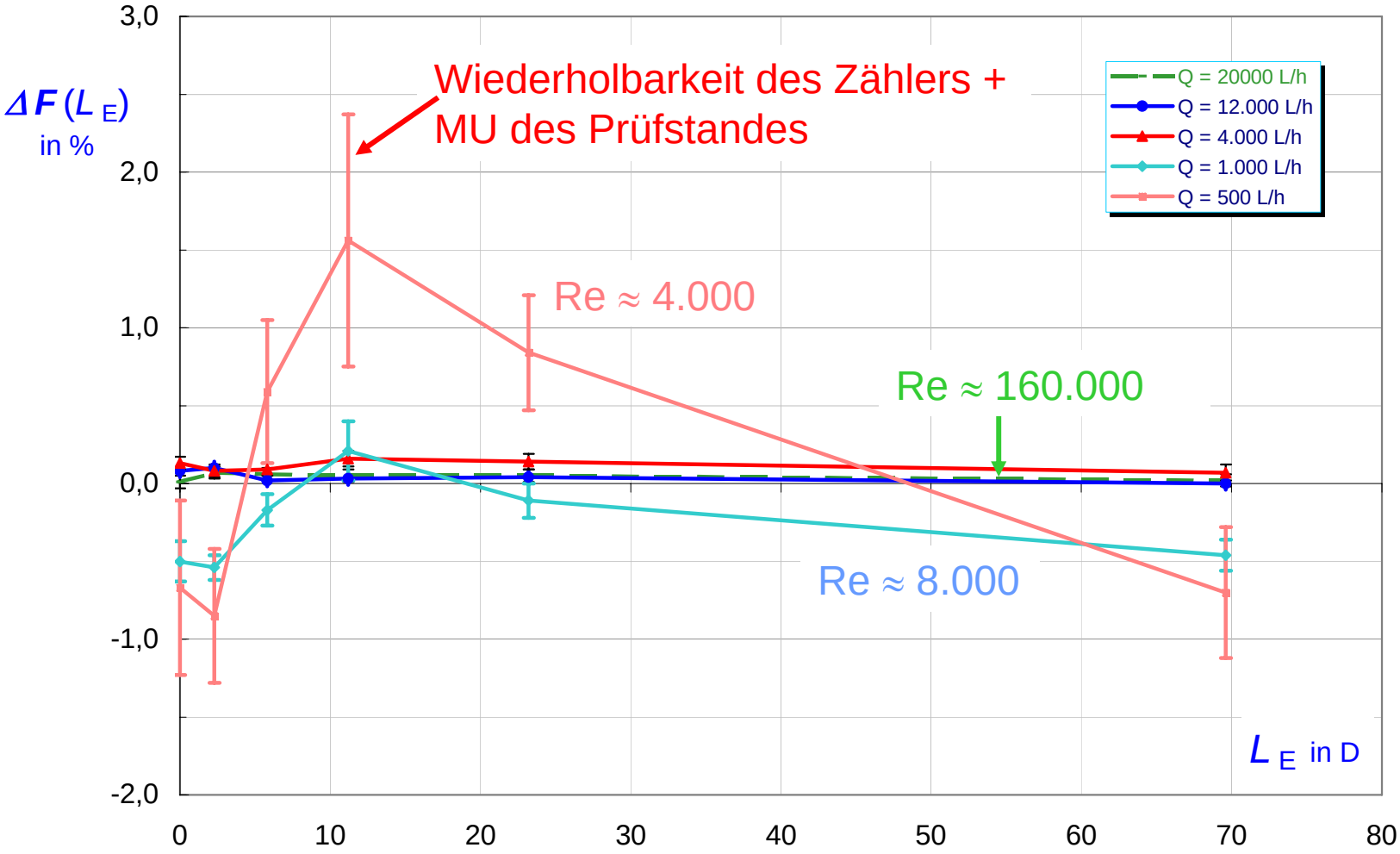
Verschiebung der Fehlerkurve durch Abstand L_E von KH



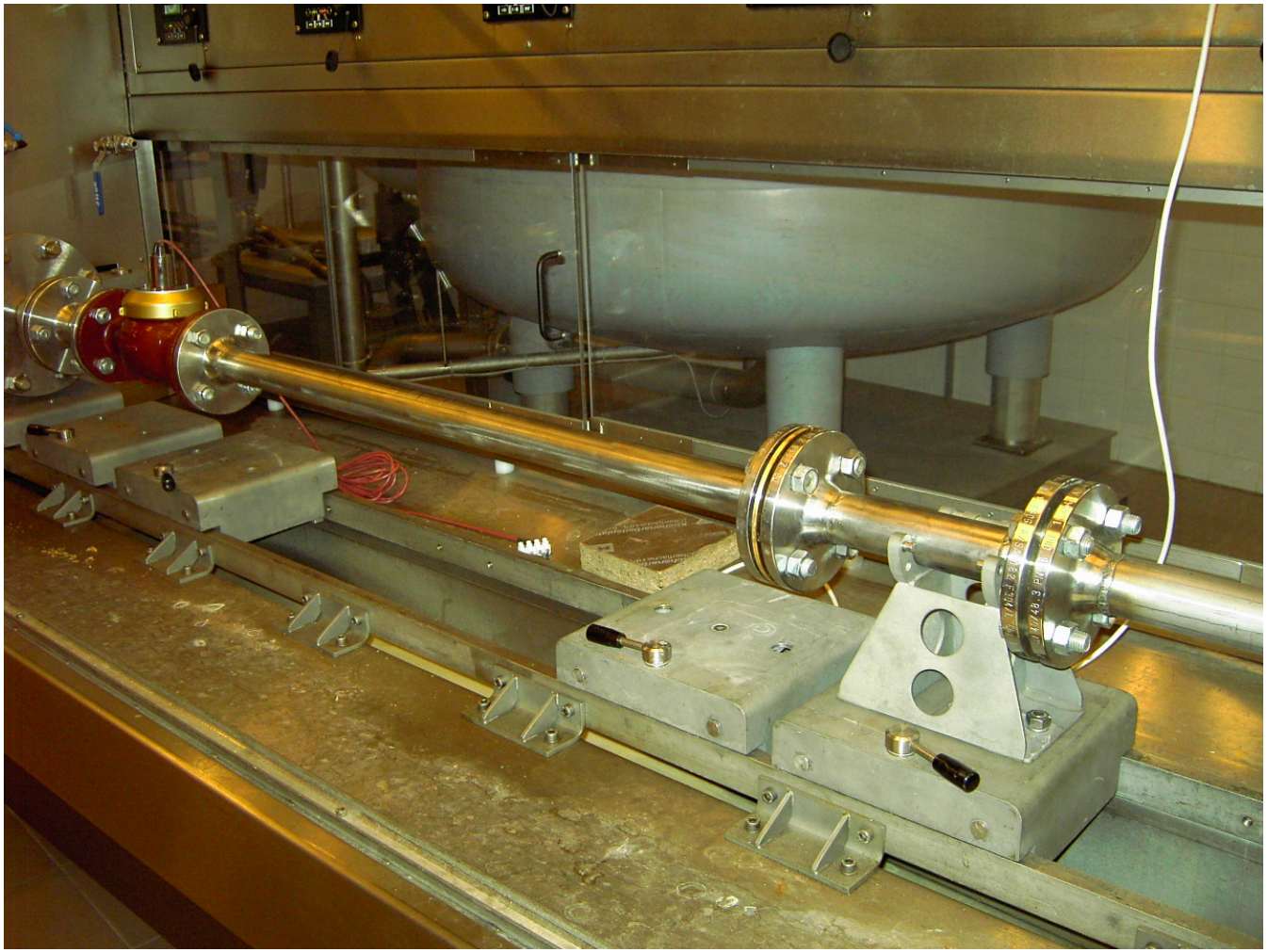
Flügelradzähler DN 40 – Verschiebung der FK durch Lochblende



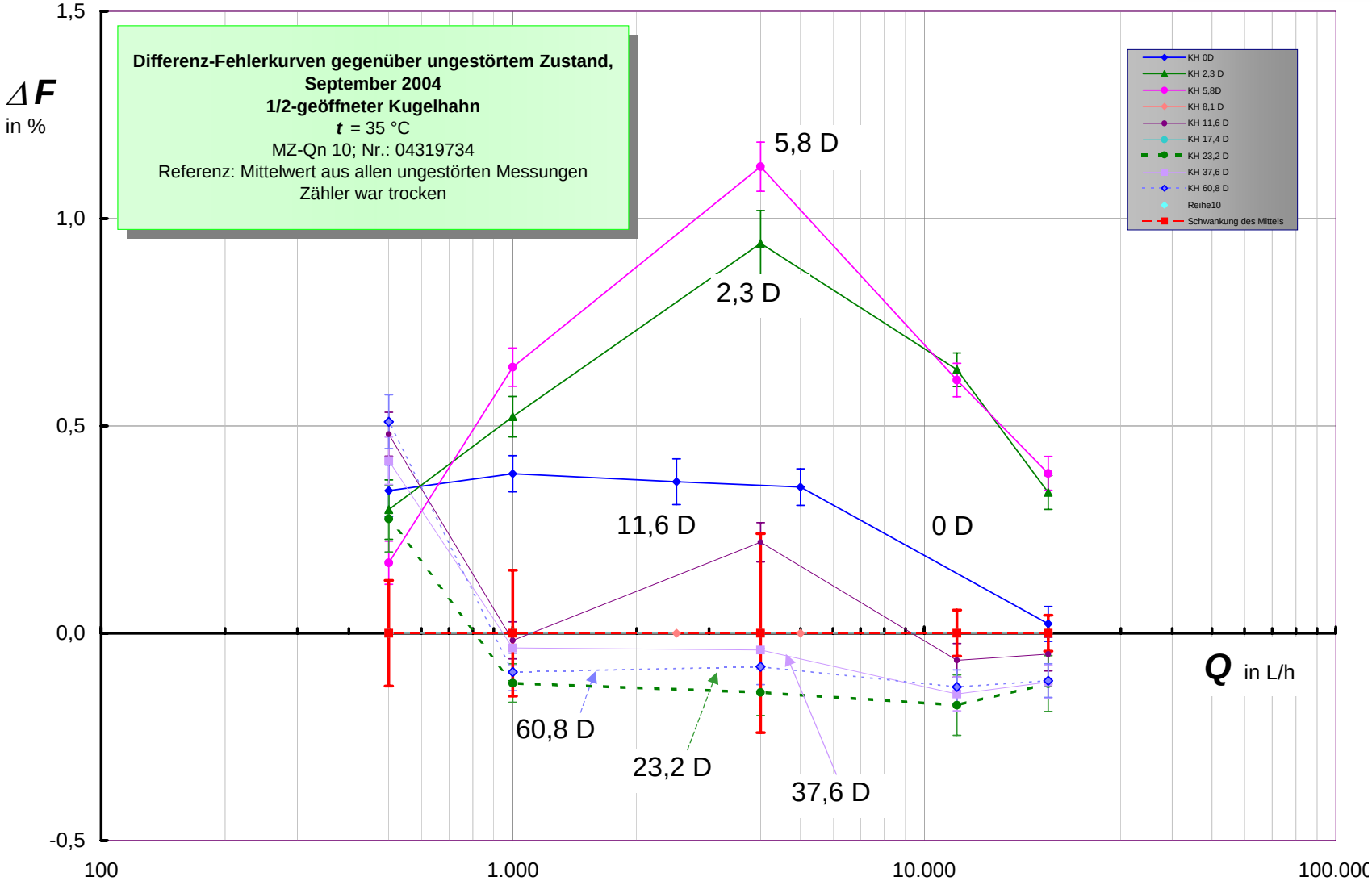
Flügelradzähler DN 40 – Verschiebung der FK durch Lochblende



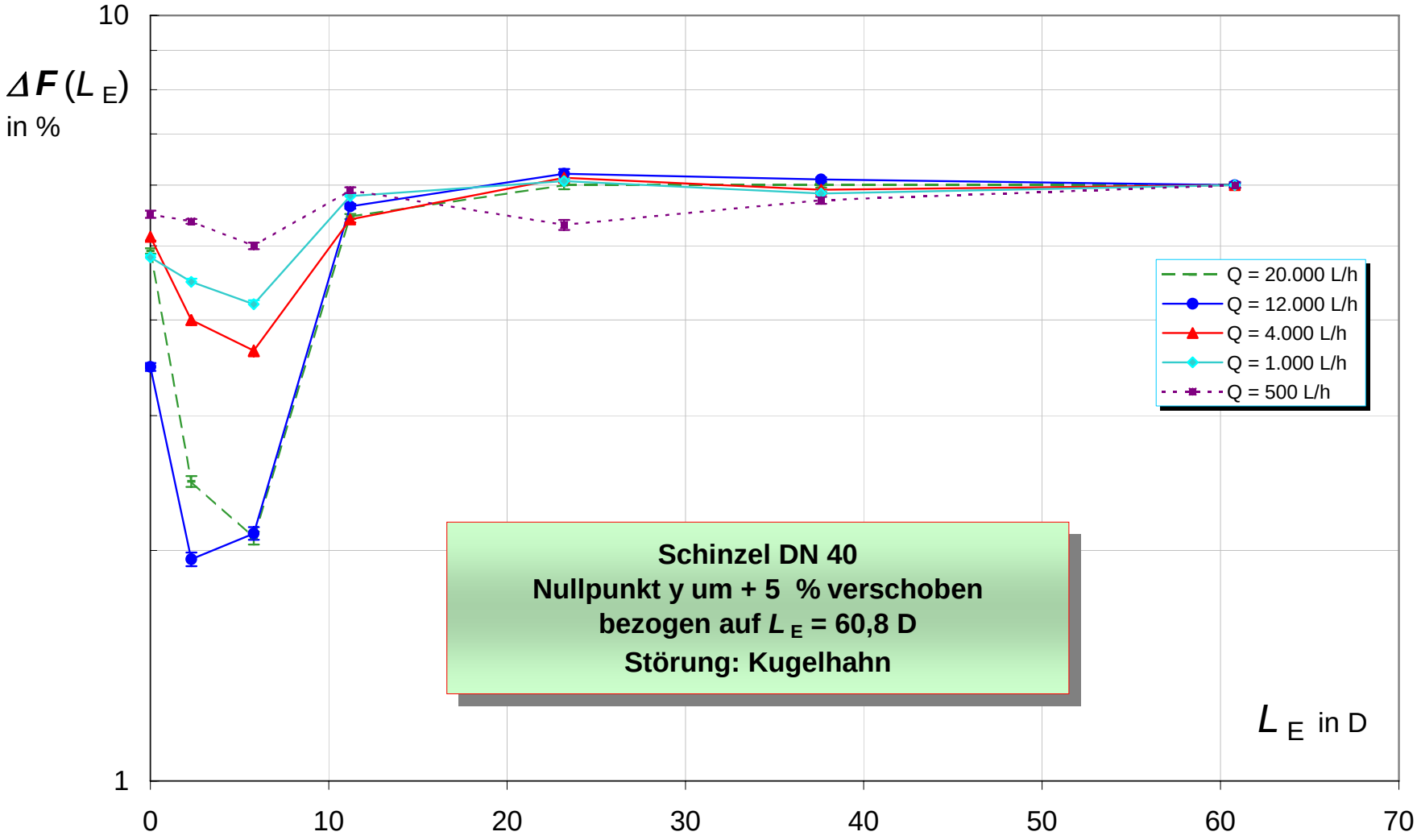
Erste Ergebnisse an Wasserzählern – Schinzel Qn 10



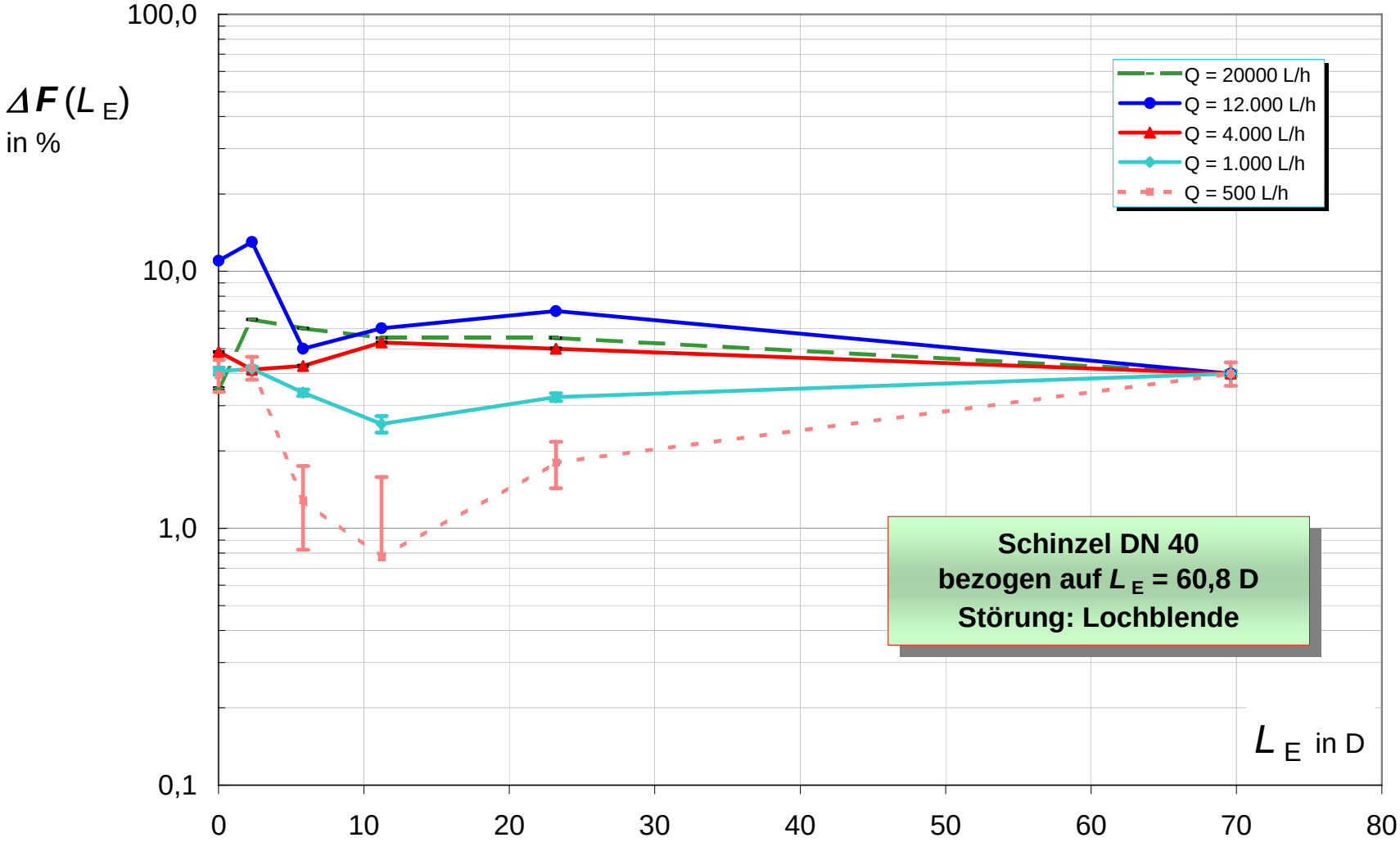
½-geöffneter KH mit alter Einlaufstrecke



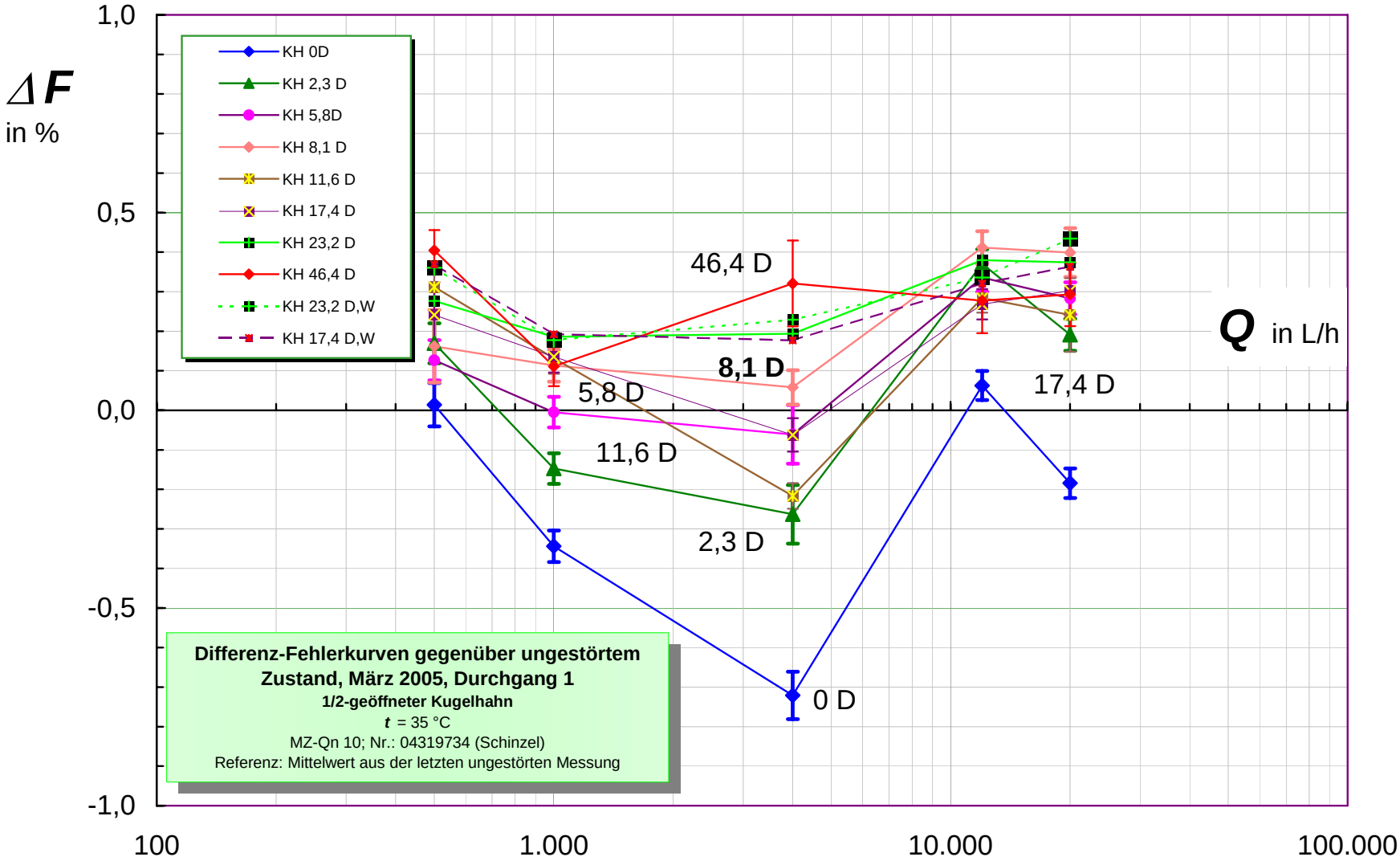
Abhängigkeit von Einlaufstrecke nach ½-geöffn. KH



Störung: Lochblende



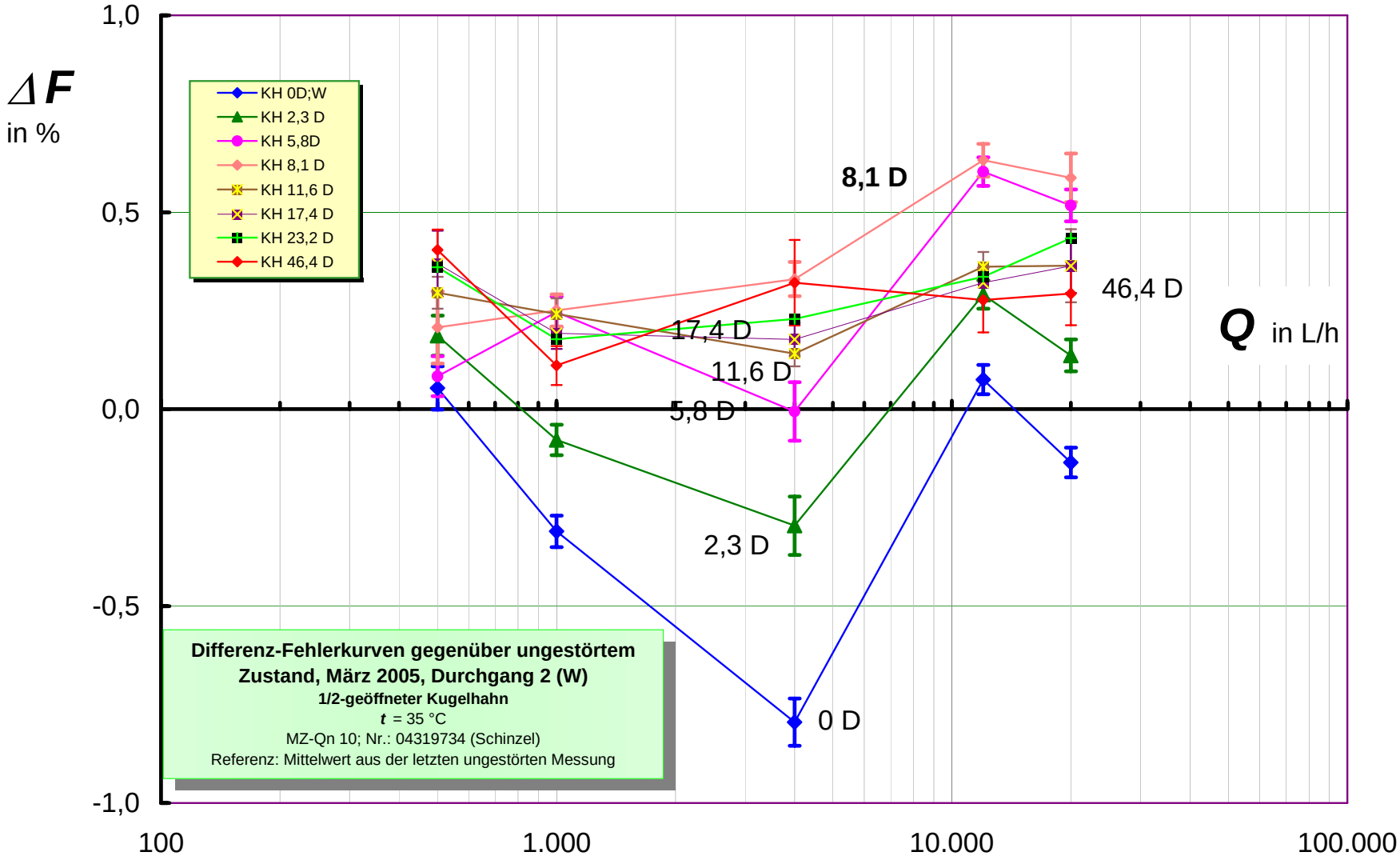
Neue Einlaufstrecke, Störung ½-geöffneter KH



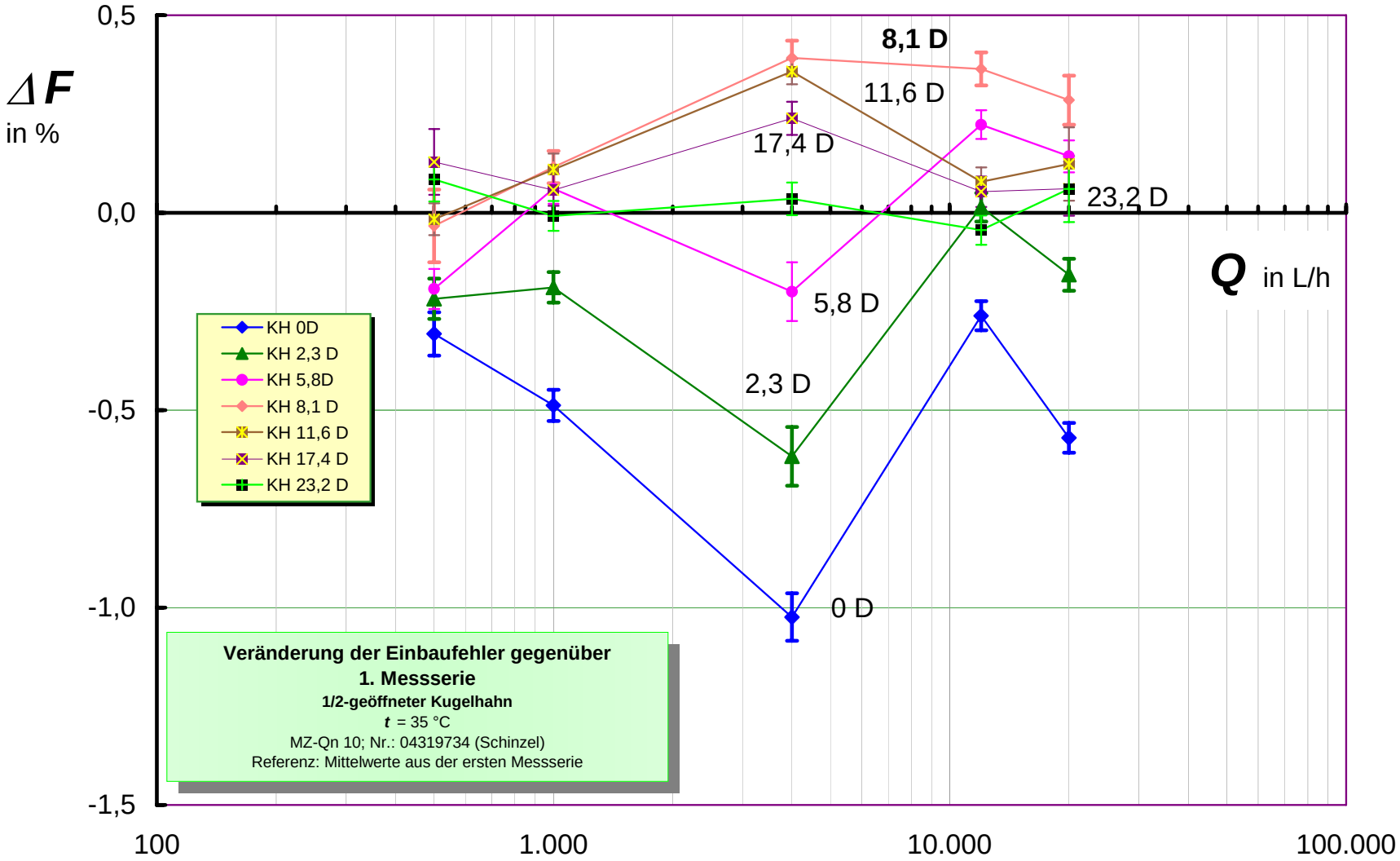
Differenz-Fehlerkurven gegenüber ungestörtem Zustand, März 2005, Durchgang 1
1/2-geöffneter Kugelhahn
t = 35 °C
MZ-Qn 10; Nr.: 04319734 (Schinzel)
Referenz: Mittelwert aus der letzten ungestörten Messung

Neue Einlaufstrecke, Störung ½-geöffneter KH - Wiederholung

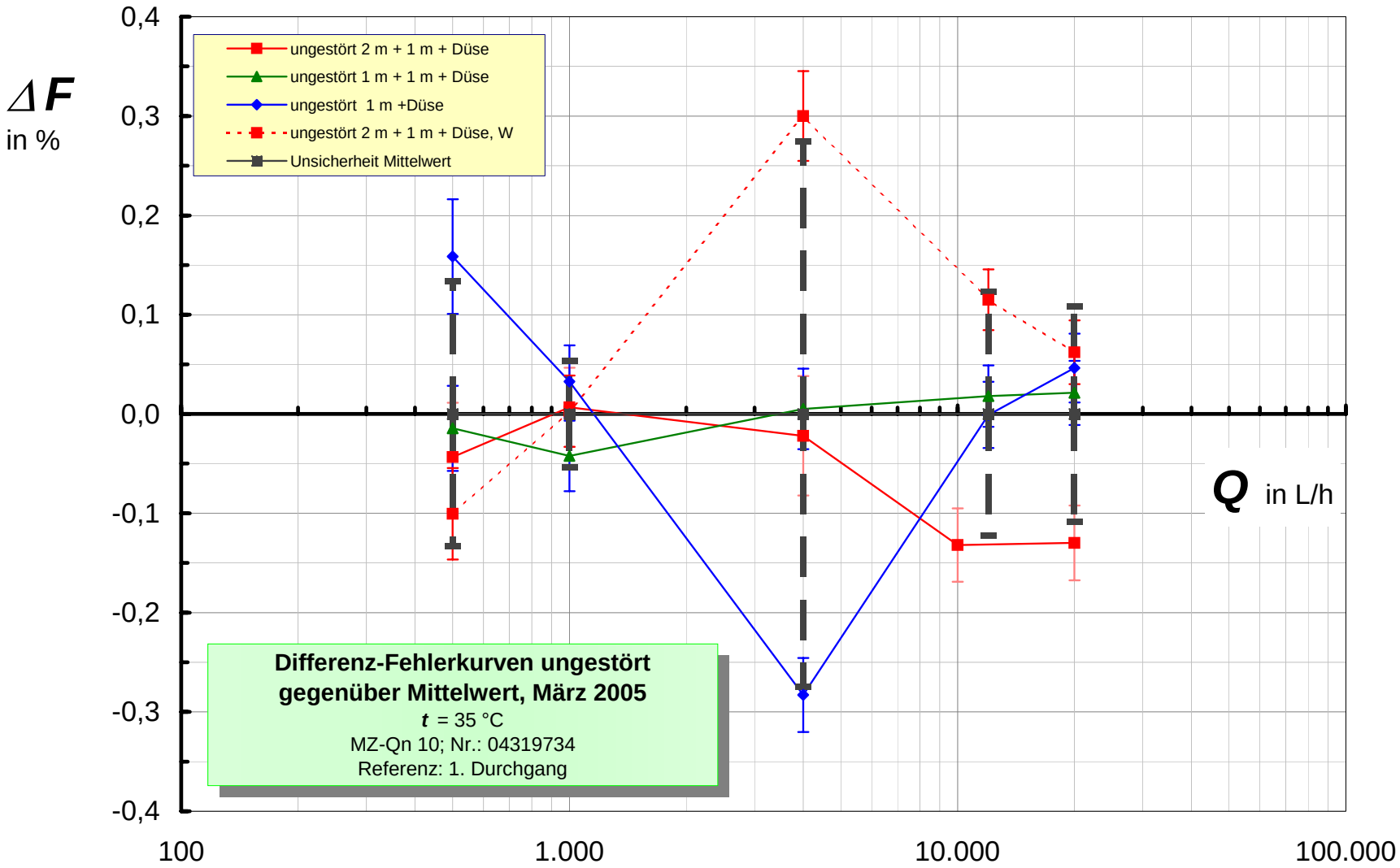
Willkommen im BEV
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen



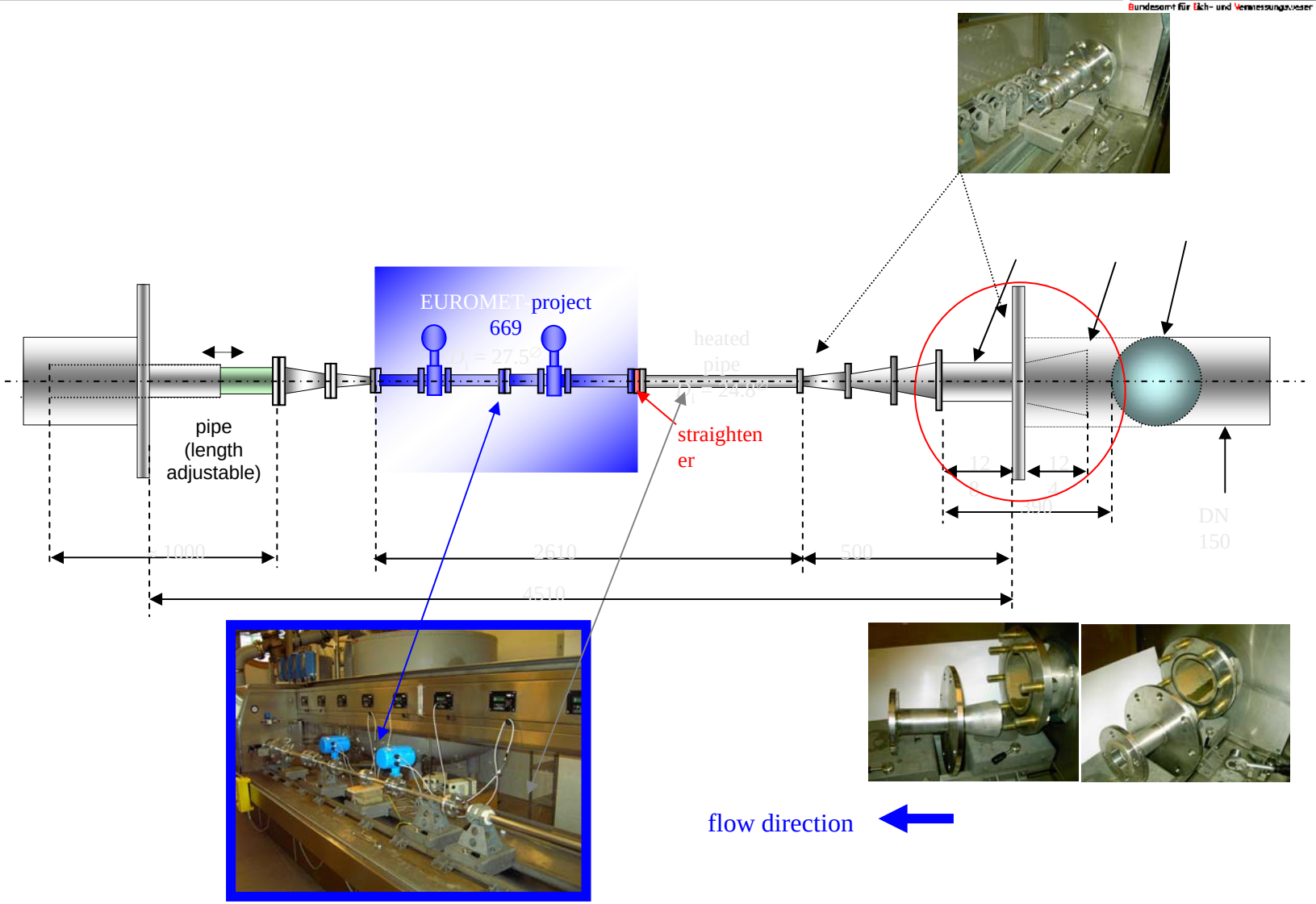
Unterschied 1. und 2. Durchgang !!!



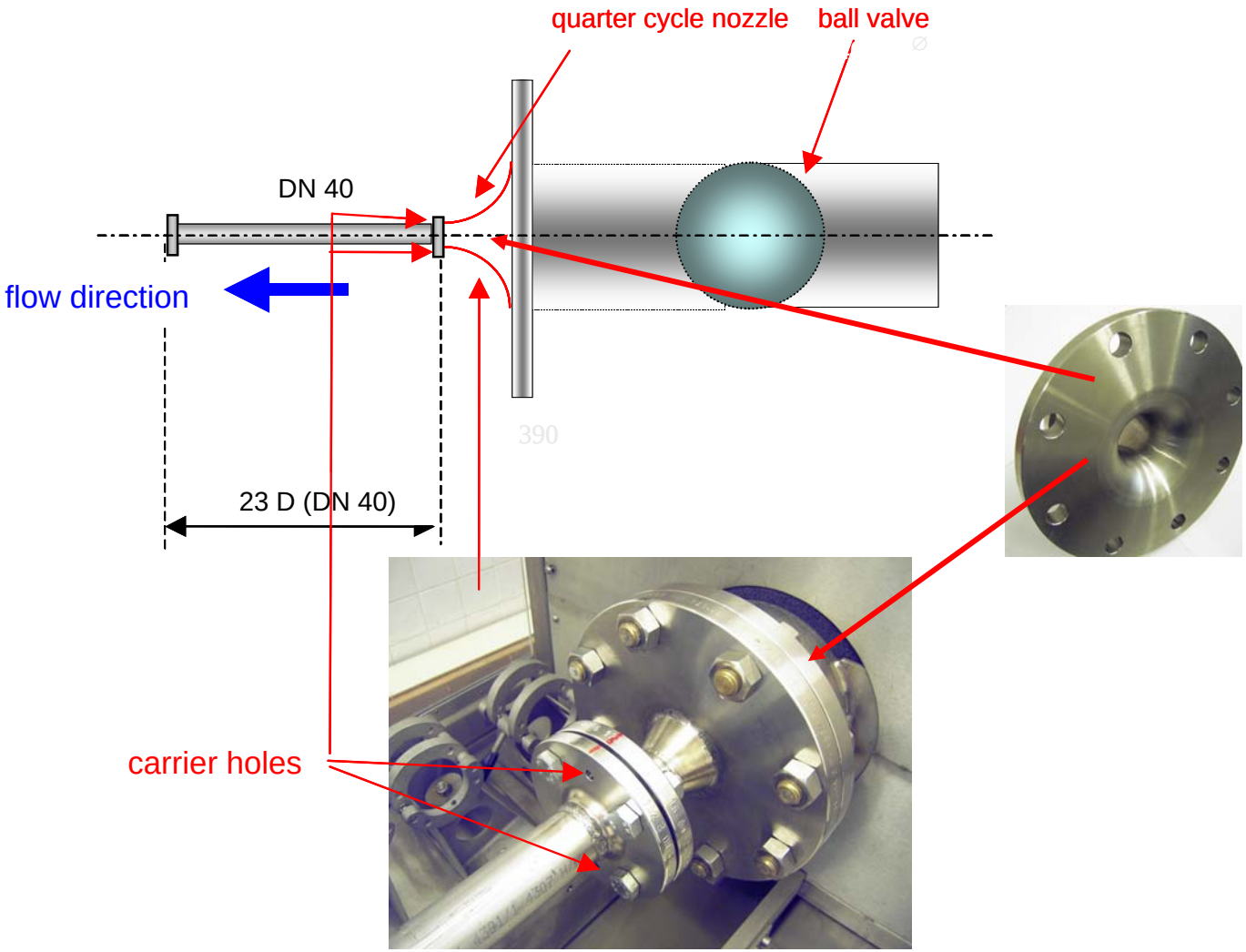
Zur Stabilität der ungestörten Fehlerkurve



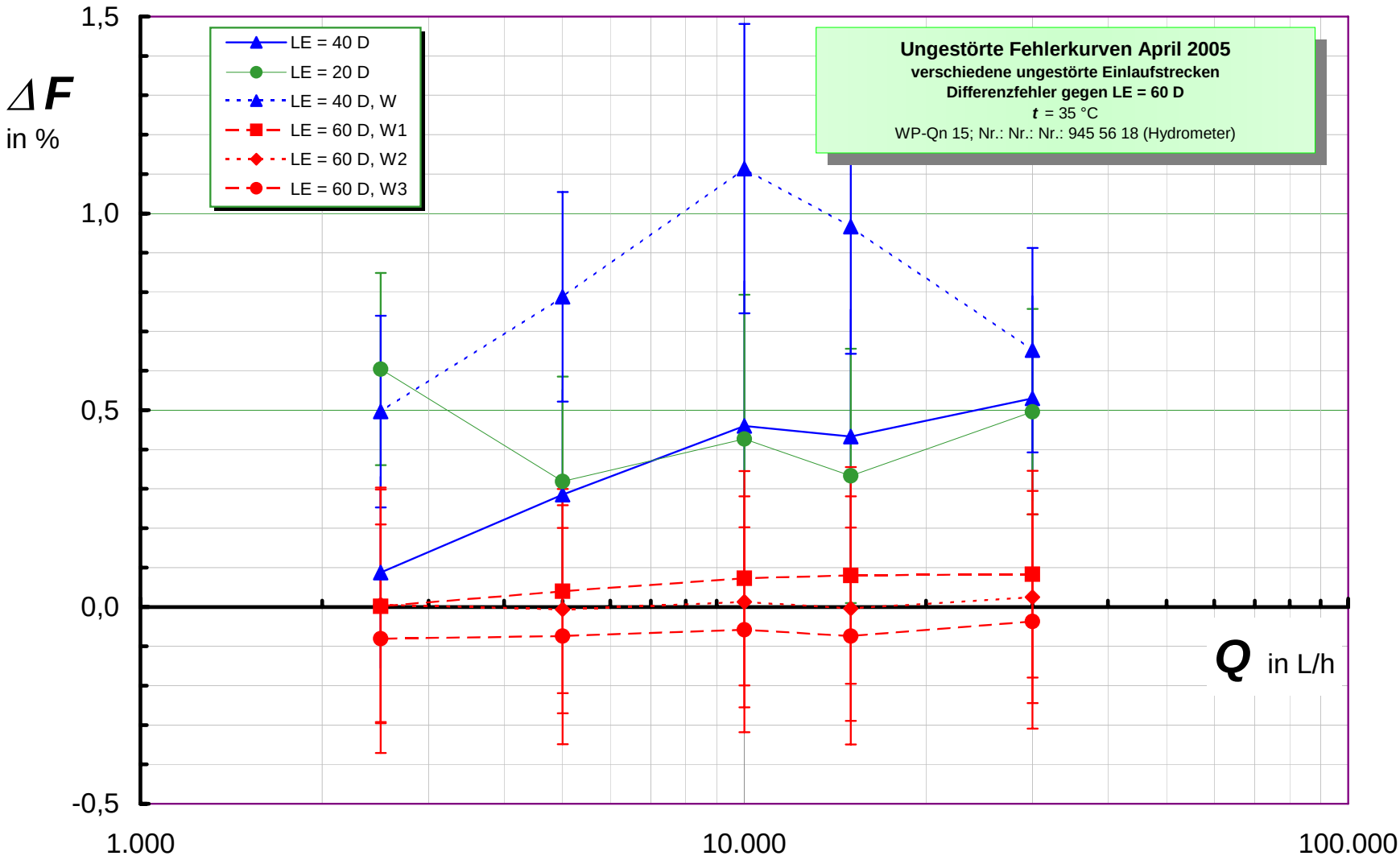
Ursprüngliche Anordnung der Einlaufstrecke



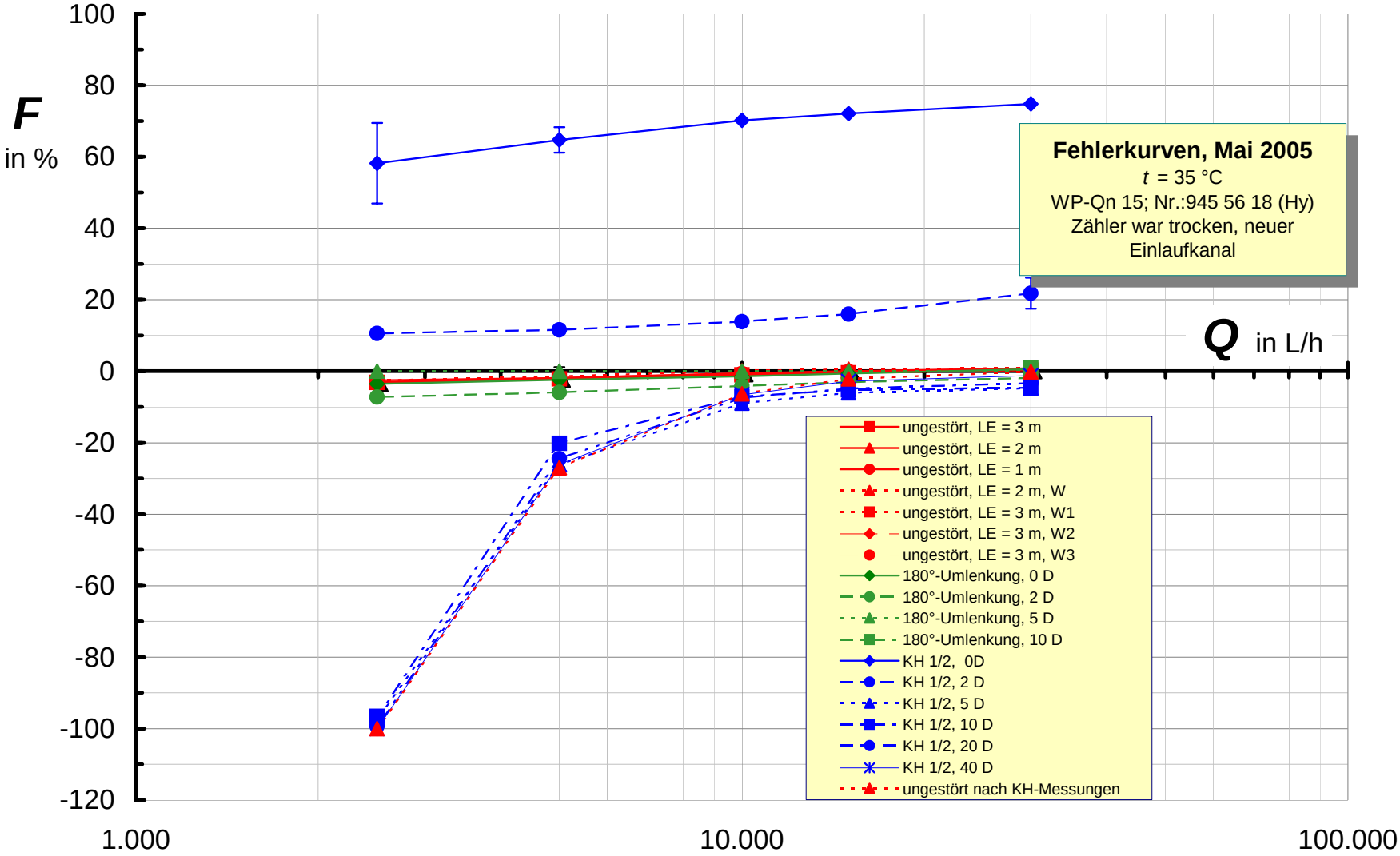
Neue Anordnung der Einlaufstrecke



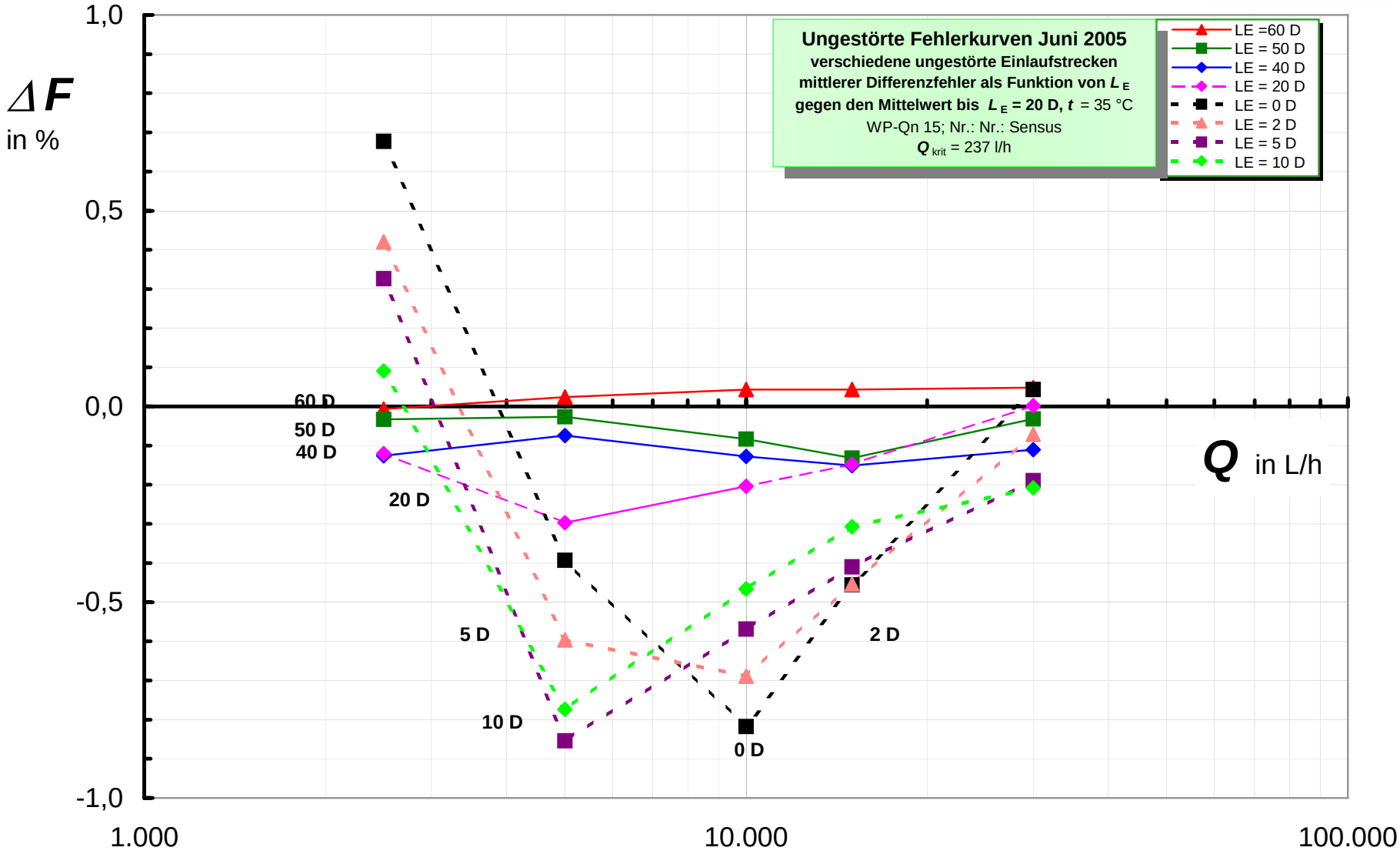
Stabilität der ungestörten Einlaufstrecke - Hy



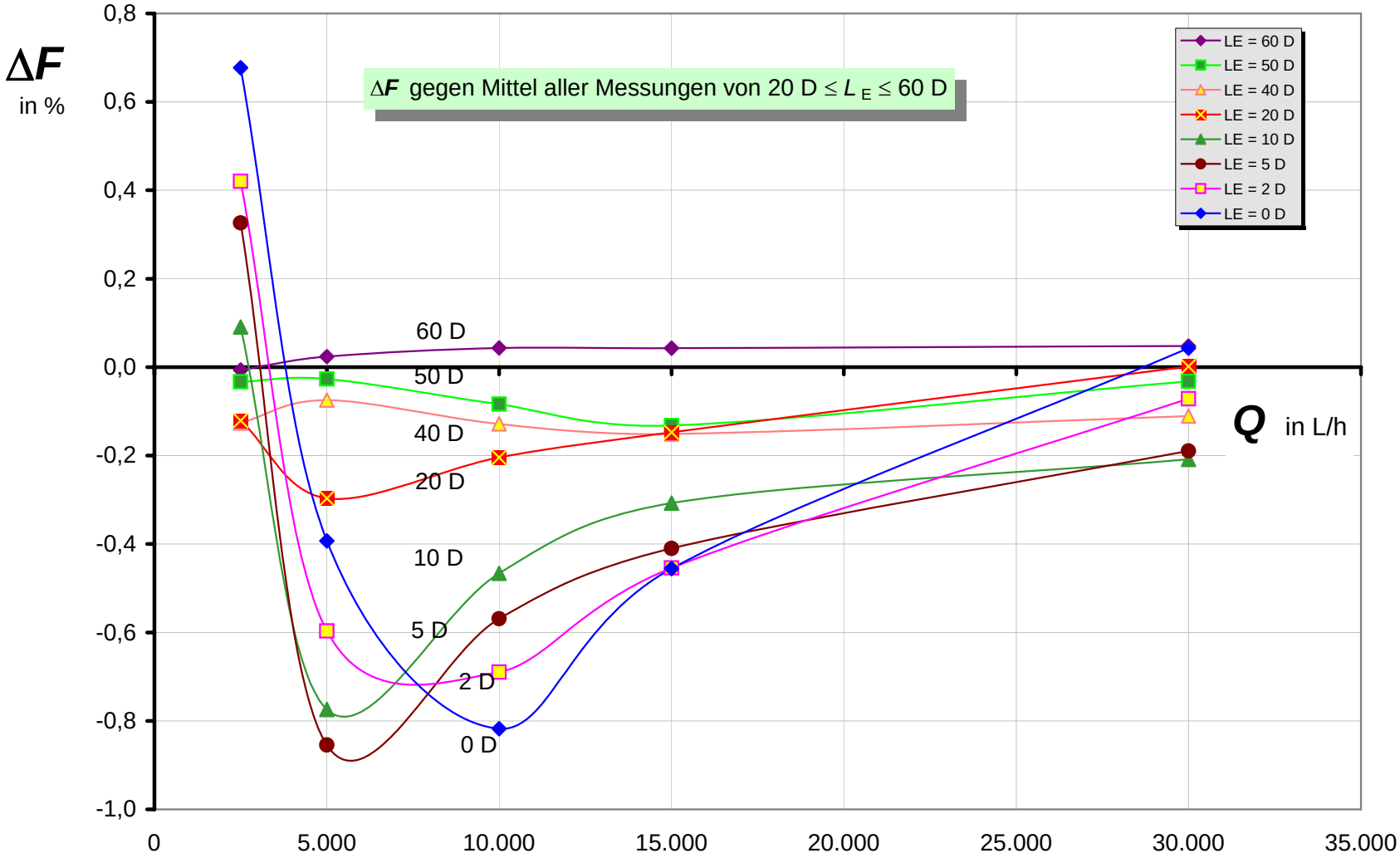
Fehlerkurven WP-Qp 15 – Hy mit Störung KH



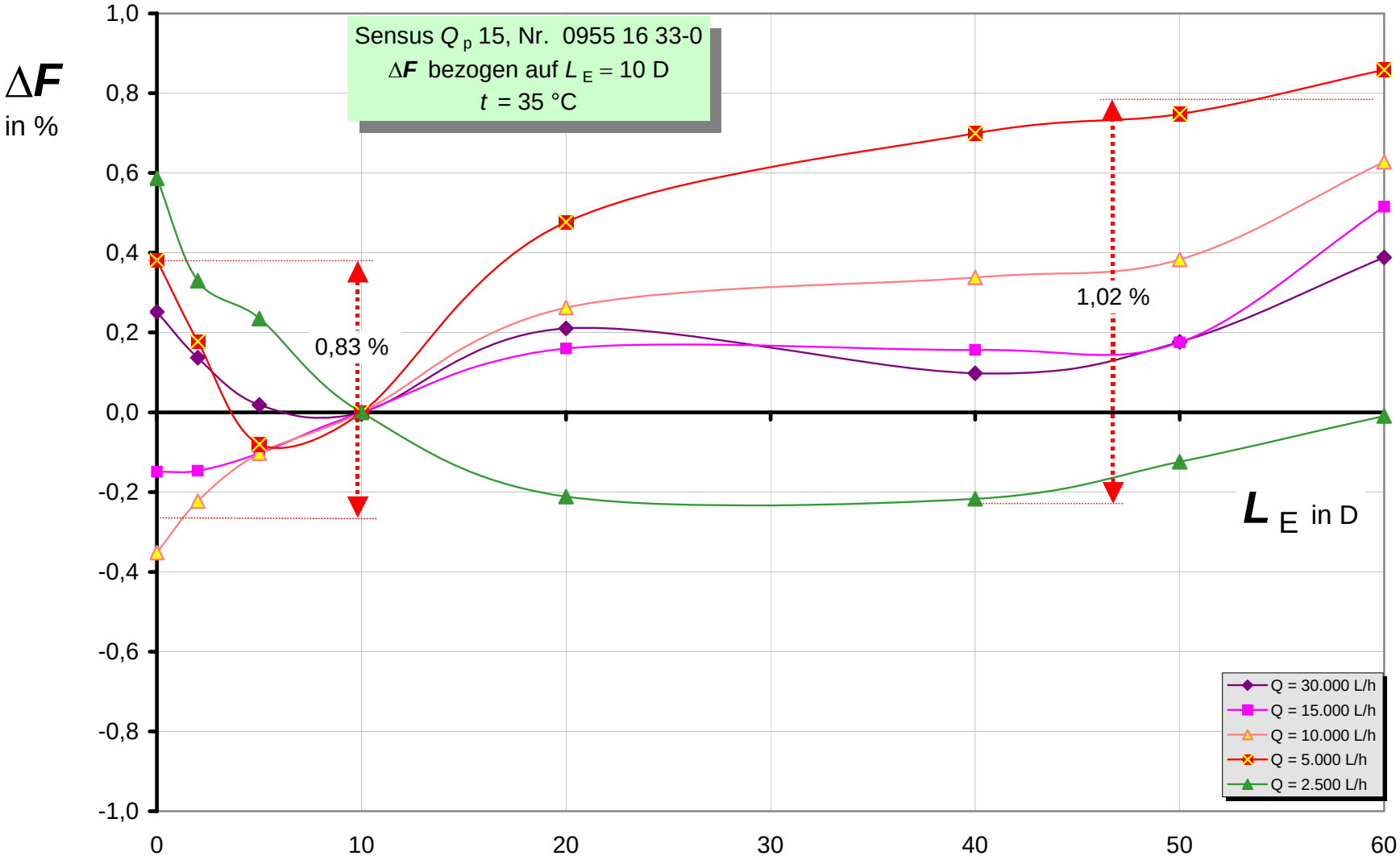
Stabilität der ungestörten Einlaufstrecke – WP Qp 15 - Sensus



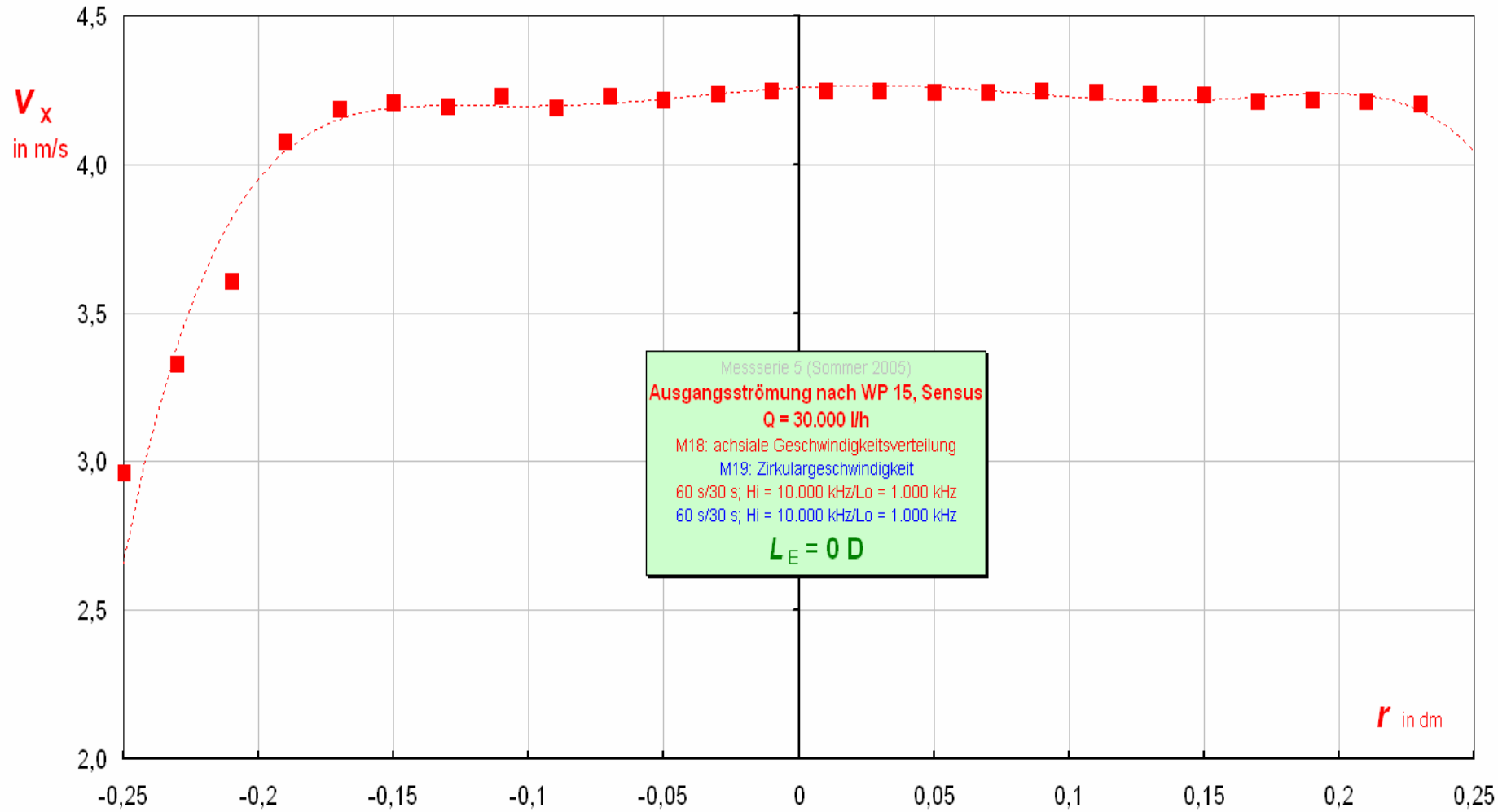
Abhängigkeit von der Einlaufstrecke - Sensus



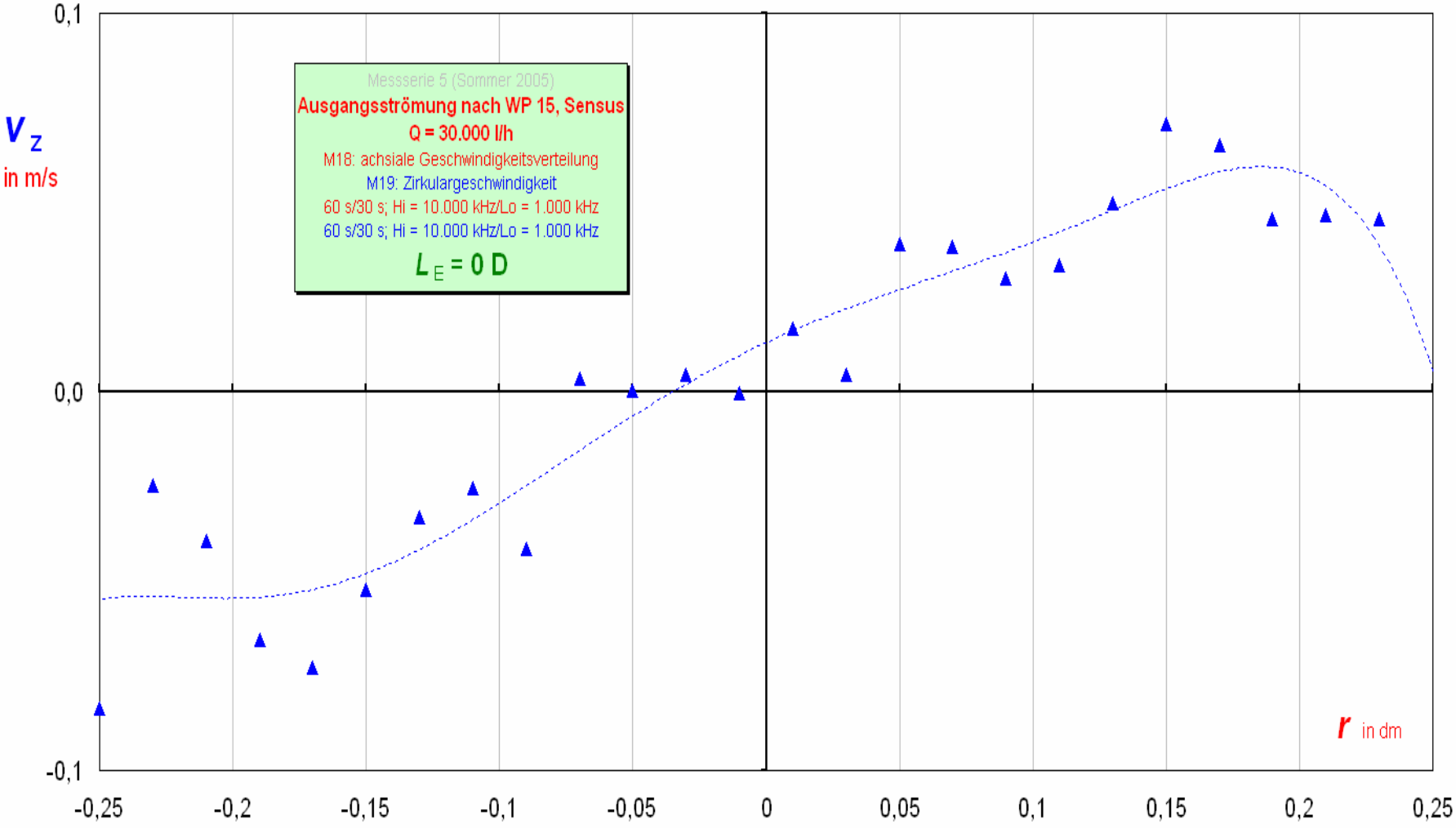
Veränderungen gegenüber L_E = 10 D



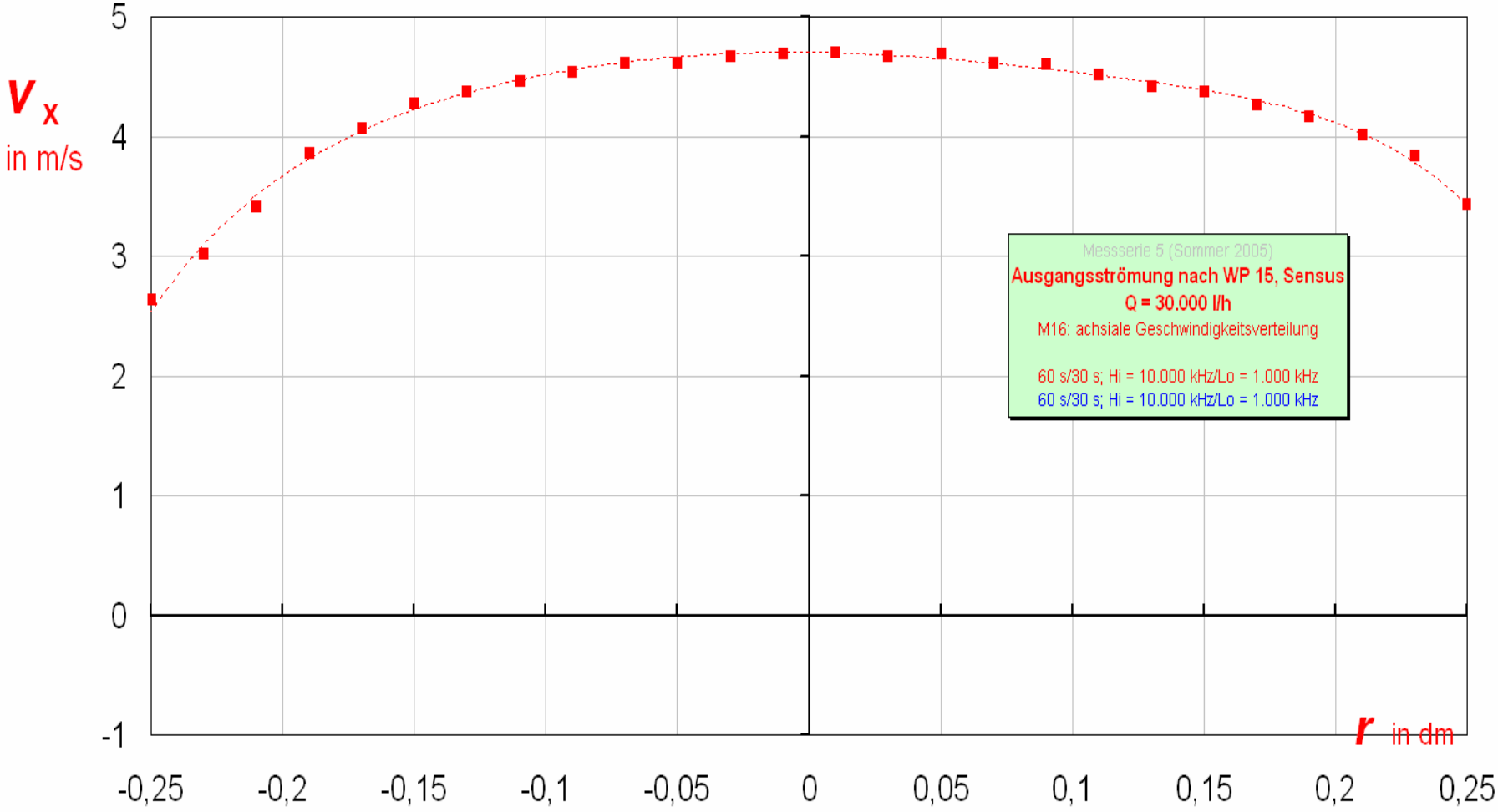
Profil achsial, L_E = 0 D



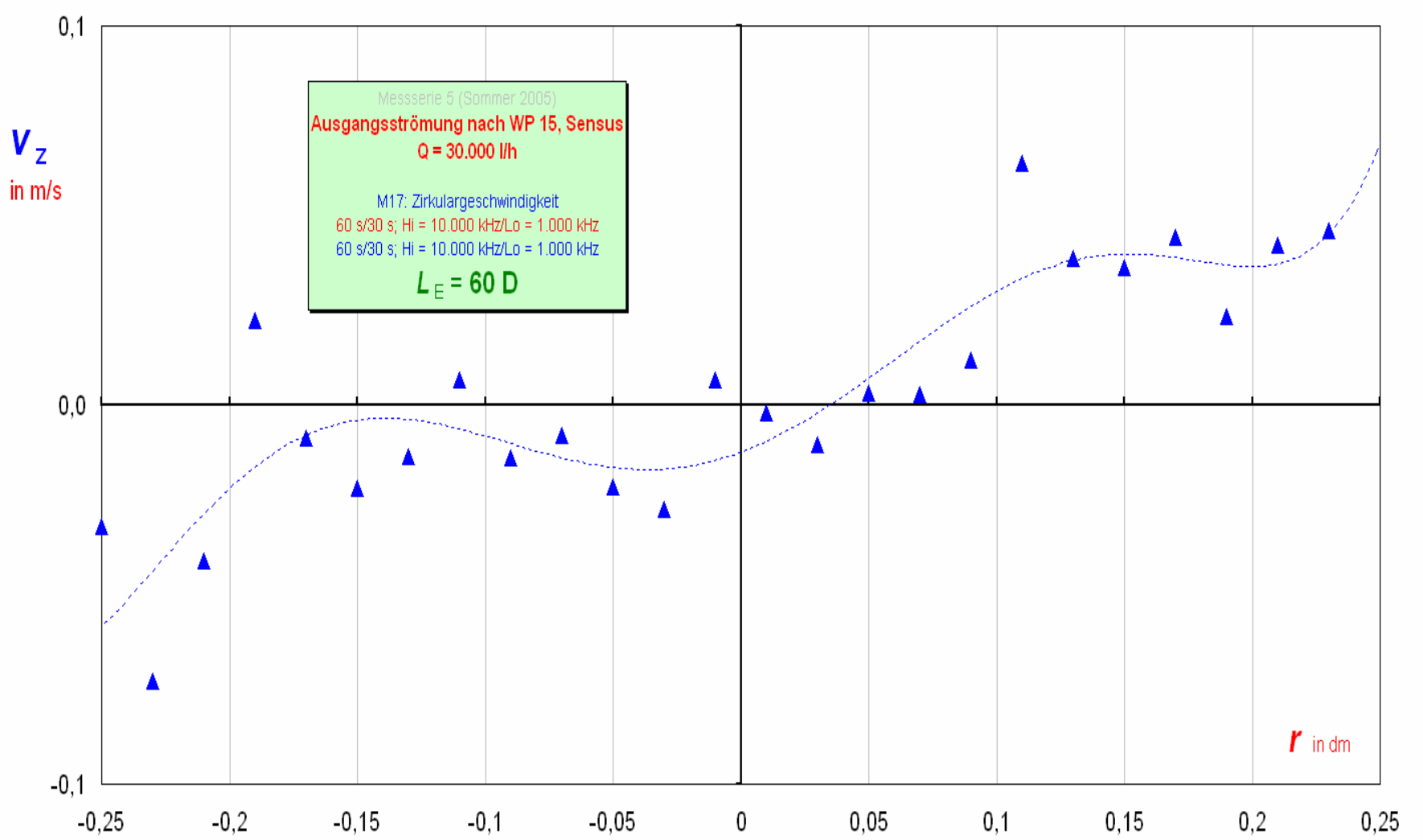
Profil zirkular, L_E = 0 D



Profil achsial, L_E = 60 D



Profil zirkular, L_E = 60 D



1. Weitere Messung von achsialen und zirkularen Geschwindigkeiten gestörter Profile

2. Wie muss ein Prüfstand gebaut sein, um Profileinflüsse auf Zähler zu verhindern?