

SINETZ

Programm zur Berechnung der Mengenverteilungen, Druck- und
Temperaturverluste in verzweigten und vermaschten
Rohrleitungsnetzen

Program for Steady State Calculation of Flow Distribution, Pressure
Drop and Heat Loss in Branched and Intermeshed Piping Networks for
compressible and incompressible media

Verifikation Programm SINETZ

Program SINETZ - Verification

Release 3.8

April 2016

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, von Funksendungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Änderungen der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen sind vorbehalten.
SIGMA Ingenieurgesellschaft, Unna, übernimmt in dieser Hinsicht keine Gewähr.

Alle erwähnten Produkte und Markennamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller.

Software-Support, deutsch	++49 (0) 2303 332 33 33	support@rohr2.de
Software-Support, englisch	++49 (0) 2303 332 33 44	support@rohr2.de

Herausgegeben durch:

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH
Bertha-von-Suttner-Allee 19
D-59423 Unna

Telefon +49 (0)2303 332 33-0
Telefax +49 (0)2303 332 33-50
Email: info@rohr2.de
Internet: www.rohr2.de www.rohr2.com

Contents of this document are subject to change without notice. The manual is protected by copyright. No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, without permission.

Specifications subject to change without notice.

All of the mentioned products and brand names are trademarks or indexed trademarks of the respective manufacturers.

Software-Support, German	++49 (0) 2303 332 33 33	support@rohr2.de
Software-Support, English	++49 (0) 2303 332 33 44	support@rohr2.de

Published by

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH
Bertha-von-Suttner-Allee 19
D-59423 Unna
Germany
Telephone +49 (0)2303 332 33-0
Telefax +49 (0)2303 332 33-50
E-mail: info@rohr2.de
Internet: www.rohr2.de www.rohr2.com

Inhalt / Content

1	Vorbemerkungen / Preliminaries.....	1-1
1.1	Verification / Verification	1-1
1.2	Non regression test.....	1-1
1.3	Collection of test cases for SINETZ	1-2
2	Test cases	2-1
2.1	Straight Pipe	2-1
2.1.1	Problem definition	2-1
2.1.2	References	2-1
2.1.3	SINETZ model description and results	2-3
2.1.4	Result comparison	2-3
2.1.5	Conclusion	2-3
2.1.6	Files	2-3
2.2	Straight Pipe with additional Zeta	2-4
2.2.1	Problem definition	2-4
2.2.2	References	2-4
2.2.3	SINETZ model description and results	2-6
2.2.4	Result comparison	2-6
2.2.5	Conclusion	2-6
2.2.6	Files	2-6
2.3	Straight Pipe with bends	2-7
2.3.1	Problem definition	2-7
2.3.2	References	2-7
2.3.3	Model description SINETZ	2-9
2.3.4	Result comparison	2-9
2.3.5	Conclusion	2-9
2.3.6	Files	2-9
2.4	Straight Pipe with reducer.....	2-10
2.4.1	Problem definition	2-10
2.4.2	References	2-10
2.4.3	SINETZ Model description and Results	2-12
2.4.4	Result comparison	2-12
2.4.5	Conclusion	2-12
2.4.6	Files	2-12
2.5	Straight Pipe with tee	2-13
2.5.1	Problem definition	2-13
2.5.2	References	2-13
2.5.3	SINETZ Model description and Results	2-18
2.5.4	Result comparison	2-19
2.5.5	Conclusion	2-19
2.5.6	Files	2-19
2.6	Straight Pipe with difference in elevation	2-20
2.6.1	Problem definition	2-20
2.6.2	References	2-20
2.6.3	SINETZ model description and results	2-22
2.6.4	Result comparison	2-22
2.6.5	Conclusion	2-22
2.6.6	Files	2-22

2.7	Straight Pipe with orifice	2-23
2.7.1	Problem definition	2-23
2.7.2	References	2-23
2.7.3	SINETZ model description and results	2-25
2.7.4	Result comparison	2-25
2.7.5	Conclusion	2-25
2.7.6	Files	2-25
2.8	Pump with given pump curve.....	2-26
2.8.1	Problem definition	2-26
2.8.2	SINETZ input data	2-26
2.8.3	SINETZ results	2-26
2.8.4	Result comparison	2-27
2.8.5	Files	2-27
3	Appendix: Non regression test certificate.....	3-28

1 Vorbemerkungen / Preliminaries

1.1 Verification / Verification

Jede SINETZ Version wird vor der Veröffentlichung einer internen Qualitätskontrolle unterzogen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Qualitätskontrolle ist der sogenannte Non-regression Test.

Bei diesem Test wird eine Sammlung von Testmodellen mit der aktuellen Programmversion berechnet und die Ergebnisse mit den Referenzen verglichen.

Verifizierungsprozess

- SINETZ-Ergebnisse wurden durch Handrechnungen bzw. Ergebnisse aus der Literatur bestätigt.
- Beispiele aus der Praxis wurden mit verschiedenen Programmen (SINETZ-Versionen und Softwarelösungen Dritter) berechnet bzw. verglichen.
- Druckverluste bzw. Widerstandsbeiwerte einzelner Bauteilen werden mit Hilfe des Programms MATHCAD bzw. MS Excel gegengerechnet.

Each SINETZ release passes an internal quality check before publishing.

A central element of the quality check is a so called „Non-regression test“.

In this test a set of test models is calculated by the current program version. The results are compared to the calculation results of the references.

Verification process

- *SINETZ results are calculated against manual calculations and references from literature*
- *Practical examples have been calculated with and compared to various software programs (SINETZ releases and third party programs).*
- *Pressure loss or zeta values of specified components are compared against calculations with MATHCAD and MS Excel.*

1.2 Non regression test

Die genannten Beispiele werden ab der SINETZ-Version 3.8, Stand April 2016 vor Auslieferung des jeweiligen Release nachgerechnet und mit den Ergebnissen älterer Versionen verglichen.

Eventuell auftretende Differenzen werden überprüft, dokumentiert und bewertet.

The mentioned examples are checked starting with SINETZ-Version 3.8, Stand April 2016 when a new program is released and compared with former calculation results.

Occurring differences are checked, documented and evaluated.

Referenzen / References

- Non-regression Test Certificate, see 3

1.3 Collection of test cases for SINETZ

This manual presents a collection of test cases that demonstrate a number of the capabilities of the SINETZ program. The selected tests are engineering problems that provide independent verification, usually a closed form equation or are comparisons to other solution methods or other calculation programs.

The solutions for the test cases have been verified, however, certain differences may exist in regard to the references. These differences have been examined and are considered acceptable. In some cases they are due to the solution methods, the error boundaries that were selected or due to model assumption differences. For the tests, an error rate of 1.0 % or less has been aimed.

These tests were run on an Intel Pentium processor using Microsoft Windows 7 Professional. These results are reported in the test documentation. Slightly different results may be obtained when different processor types or operating systems are used. The tests contained in this manual are a partial subset of the full set of tests that are run by SINETZ developers to ensure a high degree of quality.

You may use these tests as starting points when exploring SINETZ features or to perform your own verification.

For each of these verification manual tests a separate working directory is included in the SINETZ distribution. You can use these tests to verify that your hardware is executing the SINETZ tests correctly. The test results should be checked against the verified results in the documentation for each test.

2 Test cases

2.1 Straight Pipe

2.1.1 Problem definition

Verify the pressure loss of a straight pipe.

2.1.2 References

Formelsammlung – Druckverlust in Rohrleitungen

Collection of equations - Pressure loss in piping

Die empirische Gleichung für Druckverluste in durchströmten Rohrleitungen incl. Formteilen (z. B. Bögen, Reduzierungen und Armaturen) unter der Voraussetzung einer konstanten Dichte lautet nach Darcy-Weisbach:

$$\Delta p_{v12} = \frac{\rho u^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_i \right)$$

Es handelt sich hier um einen Druckverlust-Ansatz der erweiterten Bernoullischen Energiegleichung. Diese zunächst reibungsfreie (ideale) Bernoulli-Energiegleichung (in Differenzdruckform) wird um den Druckverlustterm Δp_{v12} erweitert:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \Delta p_{v12}$$

also

$$\Delta p_{v12} = p_1 - p_2 + \frac{\rho}{2} (u_1^2 - u_2^2) + \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

Dabei ist:

ρ Dichte (SI-Einheit: kg/m³)

u mittlere Strömungsgeschwindigkeit (SI-Einheit: m/s)

λ Rohrreibungszahl

l Länge der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

d Innendurchmesser der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

ζ Druckverlustbeiwert

h geodätische Höhe von einem gewählten Bezugspunkt (SI-Einheit: m)

g Schwerebeschleunigung (SI-Einheit: m/s²)

Variable	Description	Unit	used value
Diameter	Outer diameter pipe	mm	219.1
wall thickness	Wall thickness pipe	mm	6.3
Roughness	Roughness pipe	mm	0.1
Inflow	inflow	Kg/s	100.0
Pressure	Pressure (bar abs) at node 1 (inflow)	bar	10.0
Temperature	Medium temperature at node 1 (Inflow)	°C	20.0
Height 1	Geodetic height at node 1	m	0.0
Height 2	Geodetic height at node 2	m	0.0

Pressure loss - straight pipe

Inputs

diameter	$d_a := 219.1 \cdot \text{mm}$	Units	$\text{bar} := 0.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
wallthickness	$s_R := 6.3 \cdot \text{mm}$		
length pipe	$l_R := 100 \text{m}$		
roughness	$k_R := 0.1 \cdot \text{mm}$		
fluid density	$\rho := 1000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		
fluid viscosity	$\eta := 0.001 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$	$\eta = 1 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$	
massflow	$m_s := 100 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}}$		

Results

	$d_i := d_a - 2 \cdot s_R$	$d_i = 206.5 \text{mm}$
	$A := \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2$	$A = 0.033 \text{m}^2$
	$d_h := \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_i}$	$d_h = 0.207 \text{m}$
velocity	$v_m := \frac{m_s}{\rho \cdot A}$	$v_m = 2.986 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
viscosity	$\nu := \frac{\eta}{\rho}$	$\nu = 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Reynolds Number	$Re := \frac{v_m \cdot d_h}{\nu}$	$Re = 616581$
Fric.coefficient λ	$\lambda := 1$	$\lambda = -2$
Vorgabe	$\frac{1}{\lambda^{(0.5)}} = -2 \cdot \log \left[\frac{2.51}{Re \cdot \lambda^{(0.5)}} + \frac{k_R}{d_i} \cdot 0.269, 10 \right]$	
Iteration	$\lambda := \text{suchen}(\lambda)$	$\lambda = 0.01738$
pressure loss	$\Delta p := \rho \cdot \frac{v_m^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l_R}{d_i} \right)$	$\Delta p = 0.375 \text{bar}$
resistance coefficient	$\zeta_R := \lambda \cdot \frac{l_R}{d_i}$	$\zeta_R = 8.416$

2.1.3 SINETZ model description and results

THE SINETZ model is shown in the graphic representation below:

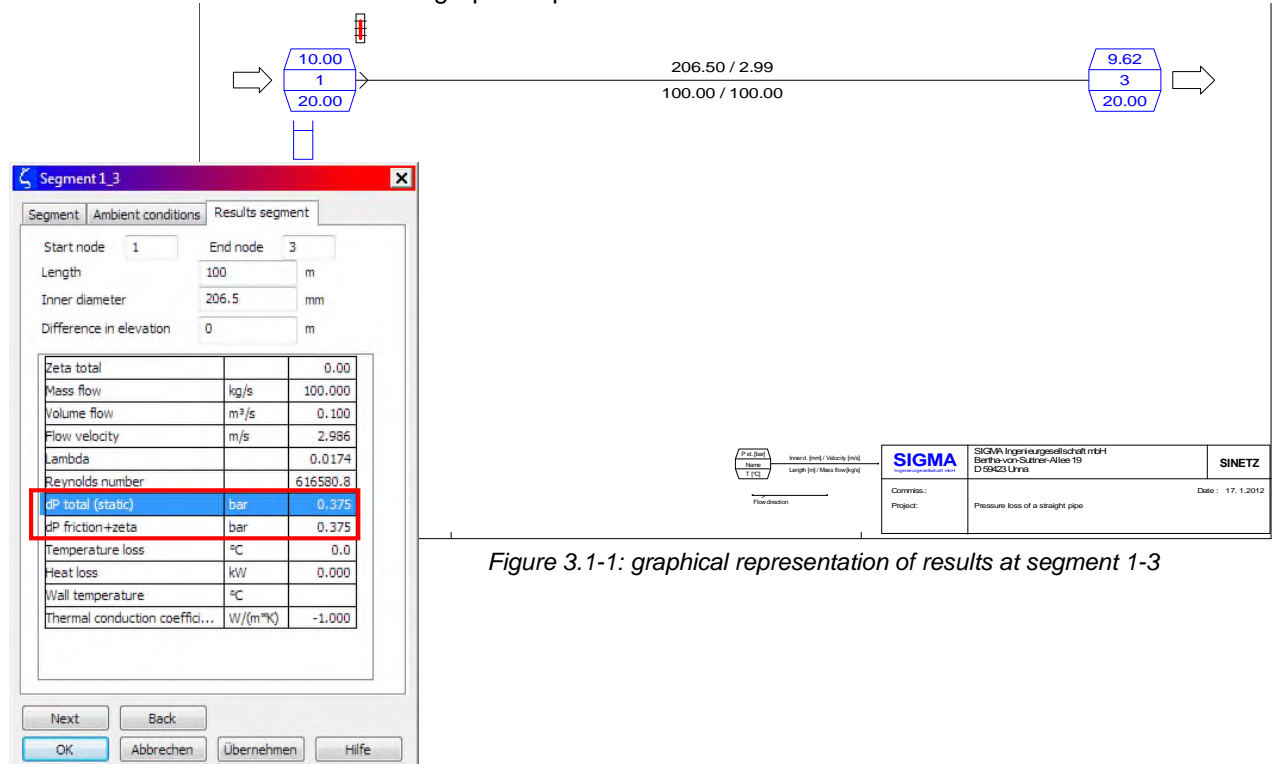


Figure 3.1-1: graphical representation of results at segment 1-3

Figure 3.1-2: Detailed results at segment 1-3

2.1.4 Result comparison

Value	Reference (MCad)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Δp	0.37516 bar	0.37529 bar	0.00013 bar	< 0.05%

Table 3.1-1: Comparison of results

2.1.5 Conclusion

The results are very close to the reference values.

The very small difference appears only because of the limited number of digits entered for the basic values.

2.1.6 Files

SINETZ-Input: 01_pressureloss_pipe100.snp

Mathcad-Input: 01_pressureloss_pipe100.mcd

2.2 Straight Pipe with additional Zeta

2.2.1 Problem definition

Verify the pressure loss of a straight pipe.
Take into consideration an additional zeta value.

2.2.2 References

Formelsammlung – Druckverlust in Rohrleitungen

Collection of equations - Pressure loss in piping

Die empirische Gleichung für Druckverluste in durchströmten Rohrleitungen incl. Formteilen (z. B. Bögen, Reduzierungen und Armaturen) unter der Voraussetzung einer konstanten Dichte lautet nach Darcy-Weisbach:

$$\Delta p_{v12} = \frac{\rho u^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_i \right)$$

Es handelt sich hier um einen Druckverlust-Ansatz der erweiterten [Bernoullischen Energiegleichung](#). Diese zunächst reibungsfreie (ideale) Bernoulli-Energiegleichung (in Differenzdruckform) wird um den Druckverlustterm Δp_{v12} erweitert:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \Delta p_{v12}$$

also

$$\Delta p_{v12} = p_1 - p_2 + \frac{\rho}{2} (u_1^2 - u_2^2) + \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

Dabei ist:

ρ Dichte (SI-Einheit: kg/m³)

u mittlere Strömungsgeschwindigkeit (SI-Einheit: m/s)

λ Rohrreibungszahl

l Länge der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

d Innendurchmesser der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

ζ Druckverlustbeiwert

h geodätische Höhe von einem gewählten Bezugspunkt (SI-Einheit: m)

g Schwerebeschleunigung (SI-Einheit: m/s²)

Variable	Description	Unit	used value
Diameter	Outer diameter pipe	mm	219.1
wall thickness	Wall thickness pipe	mm	6.3
Roughness	Roughness pipe	mm	0.1
Inflow	inflow	Kg/s	100.0
Pressure	Pressure (bar abs) at node 1 (inflow)	bar	10.0
Temperature	Medium temperature at node 1 (Inflow)	°C	20.0
Height 1	Geodetic height at node 1	m	0.0
Height 2	Geodetic height at node 2	m	0.0

Pressure loss - straight pipe

Inputs

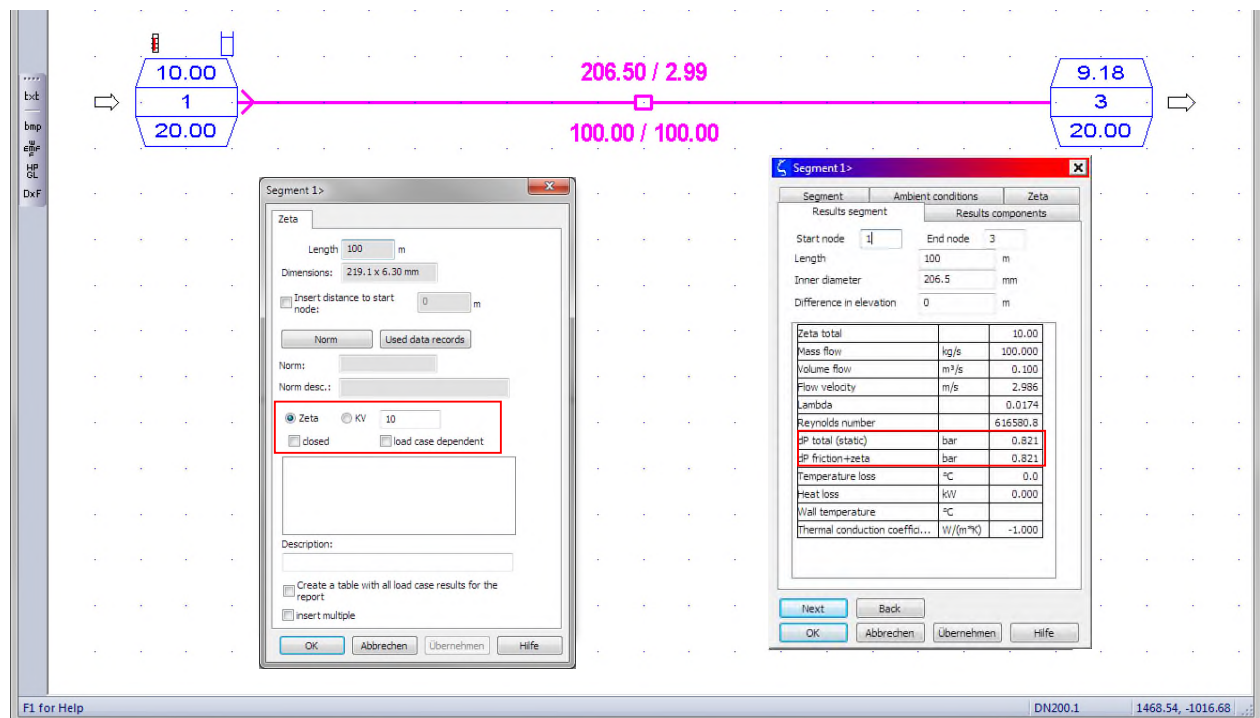
diameter	$d_a := 219.1 \cdot \text{mm}$	Units $\text{bar} := 0.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
wallthickness	$s_R := 6.3 \cdot \text{mm}$	
length pipe	$l_R := 100 \cdot \text{m}$	
roughness	$k_R := 0.1 \cdot \text{mm}$	
fluid density	$\rho := 1000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
fluid viscosity	$\eta := 0.001 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$	$\eta = 1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
massflow	$m_s := 100 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}}$	
additional Zeta	$\zeta_z := 10$	

Results

	$d_i := d_a - 2 \cdot s_R$	$d_i = 206.5 \cdot \text{mm}$
	$A := \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2$	$A = 0.033 \cdot \text{m}^2$
	$d_h := \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_i}$	$d_h = 0.206 \cdot \text{m}$
velocity	$v_m := \frac{m_s}{\rho \cdot A}$	$v_m = 2.986 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$
viscosity	$\nu := \frac{\eta}{\rho}$	$\nu = 1 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Reynolds Number	$\text{Re} := \frac{v_m \cdot d_h}{\nu}$	$\text{Re} = 616581$
Fric.coefficient λ	$\lambda := 1$	$\lambda = 2$
Given	$\frac{1}{\lambda^{(0.5)}} = 2 \cdot \log \left[\frac{2.51}{\text{Re} \cdot \lambda^{(0.5)}} + \frac{k_R}{d_i} \cdot 0.269 \right]$	
Iteration	$\lambda := \text{suchen}(\lambda)$	$\lambda = 0.01738$
pressure loss	$\Delta p := \rho \cdot \frac{v_m^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l_R}{d_i} + \zeta_z \right)$	$\Delta p = 0.82093 \cdot \text{bar}$
resistance coefficient	$\zeta_R := \lambda \cdot \frac{l_R}{d_i}$	$\zeta_R = 8.416$

2.2.3 SINETZ model description and results

The SINETZ model and SINETZ results are shown in the graphic representation below:



2.2.4 Result comparison

Value	Reference (MCad)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Δp	0.82093 bar	0.82106 bar	0.00013 bar	< 0.02%

Table 3.2-1: Comparison of results

2.2.5 Conclusion

The results are very close to the reference values.

The very small difference appears only because of the limited number of digits entered for the basic values.

2.2.6 Files

SINETZ-Input: 02_straight_pipe+zeta.snp

Mathcad-Input: 02_pressureloss_pipe+zeta.mcd

2.3 Straight Pipe with bends

2.3.1 Problem definition

Verify the pressure loss of a straight pipe.
Take into consideration additional zeta values for bends.

2.3.2 References

Formelsammlung – Druckverlust in Rohrleitungen

Collection of equations - Pressure loss in piping

Die empirische Gleichung für Druckverluste in durchströmten Rohrleitungen incl. Formteilen (z. B. Bögen, Reduzierungen und Armaturen) unter der Voraussetzung einer konstanten Dichte lautet nach Darcy-Weisbach:

$$\Delta p_{v12} = \frac{\rho u^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_i \right)$$

Es handelt sich hier um einen Druckverlust-Ansatz der erweiterten [Bernoullischen Energiegleichung](#). Diese zunächst reibungsfreie (ideale) Bernoulli-Energiegleichung (in Differenzdruckform) wird um den Druckverlustterm Δp_{v12} erweitert:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \Delta p_{v12}$$

also

$$\Delta p_{v12} = p_1 - p_2 + \frac{\rho}{2} (u_1^2 - u_2^2) + \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

Dabei ist:

ρ [Dichte](#) (SI-Einheit: kg/m³)

u mittlere Strömungsgeschwindigkeit (SI-Einheit: m/s)

λ [Rohrreibungszahl](#)

l Länge der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

d Innendurchmesser der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

ζ [Druckverlustbeiwert](#)

h [geodätische Höhe](#) von einem gewählten Bezugspunkt (SI-Einheit: m)

g [Schwerebeschleunigung](#) (SI-Einheit: m/s²)

Variable	Description	Unit	used value
Diameter	Outer diameter pipe	mm	219.1
wall thickness	Wall thickness pipe	mm	6.3
Roughness	Roughness pipe	mm	0.1
Inflow	inflow	Kg/s	100.0
Pressure	Pressure (bar abs) at node 1 (inflow)	bar	10.0
Temperature	Medium temperature at node 1 (Inflow)	°C	20.0
Height 1	Geodetic height at node 1	m	0.0
Height 2	Geodetic height at node 2	m	0.0

Pressure loss - straight pipe + bends**Inputs**

diameter	$d_a := 219.1 \cdot \text{mm}$	Units	$\text{bar} := 0.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
wallthickness	$s_R := 6.3 \cdot \text{mm}$		
length pipe	$l_{Rin} := 100.0 \cdot \text{m}$		
roughness	$k_R := 0.1 \cdot \text{mm}$		
fluid density	$\rho := 1000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		
fluid viscosity	$\eta := 0.001 \cdot \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$	$\eta = 1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$	
massflow	$m_s := 100 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}}$		
bend	$r_B := 309.7 \cdot \text{mm}$	$\delta := 90$	$n_B := 10$
length pipe	$l_R := l_{Rin} - n_B \cdot r_B \cdot \left[\frac{\delta}{90} \cdot \left(2 - \frac{\pi}{2} \right) \right]$		$l_R = 98.671 \cdot \text{m}$

Results

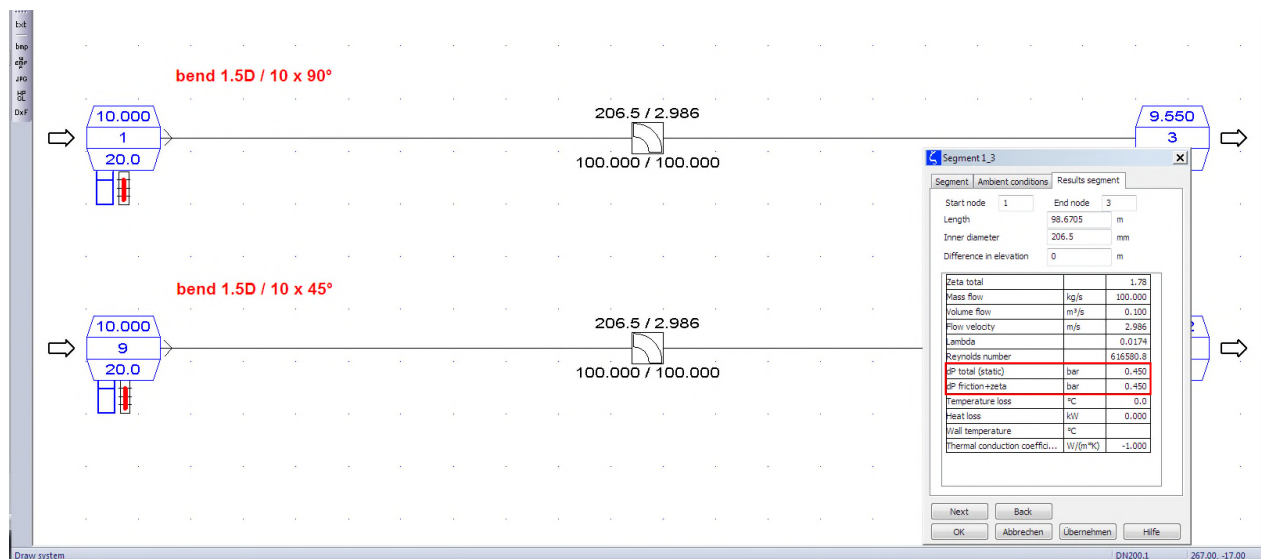
	$d_i := d_a - 2 \cdot s_R$	$d_i = 206.5 \cdot \text{mm}$
	$A := \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2$	$A = 0.033 \cdot \text{m}^2$
	$d_h := \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_i}$	$d_h = 0.206 \text{m}$
velocity	$v_m := \frac{m_s}{\rho \cdot A}$	$v_m = 2.986 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
viscosity	$\nu := \frac{\eta}{\rho}$	$\nu = 1 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Reynolds Number	$Re := \frac{v_m \cdot d_h}{\nu}$	$Re = 616581$
Fric. coefficient λ	$\lambda := 1$	$\lambda = 2$
Given	$\frac{1}{\lambda^{(0.5)}} = 2 \cdot \log \left[\frac{2.51}{Re \cdot \lambda^{(0.5)}} + \frac{k_R}{d_i} \cdot 0.269 \right]$	
Iteration	$\lambda := \text{suchen}(\lambda)$	$\lambda = 0.01738$

Bends

$x := \frac{r_B}{d_i}$	$x = 1.5$	
$A_B := 9.3 \cdot e^{-0.06x}$	$A_B = 8.5$	
$S_B := 0.0788 \cdot \tanh(0.8 \cdot x) + 0.00124 \cdot x$	$S_B = 0.068$	
$C_B := 15000 \cdot e^{-2.7x} + 1780 \cdot e^{-0.0234 \cdot (x-8)^2}$	$C_B = 923.758$	
$D_B := 4.95 + 4.042 \cdot e^{-0.01 \cdot (x-7.5)^3}$	$D_B = 5.416$	
$\xi_B := A_B \cdot \tanh\left(\frac{S_B}{A_B} \cdot (\delta + 10.5)\right) + C_B \cdot \left(\frac{\delta}{100}\right)^4 \cdot \exp\left(-D_B \cdot \frac{\delta}{100}\right)$	$\xi_B = 10.268$	
$\xi_{Bges} := \xi_B \cdot n_B$	$\xi_{Bges} = 102.679$	
$\zeta_B := \xi_{Bges} \cdot \lambda$	$\zeta_B = 1.7845$	
pressure loss	$\Delta p := \rho \cdot \frac{v_m^2}{2} \cdot \left\{ \lambda \cdot \frac{l_R}{d_i} + \zeta_B \right\}$	$\Delta p = 0.44972 \cdot \text{bar}$
resistance coefficient	$\zeta_R := \lambda \cdot \frac{l_R}{d_i}$	$\zeta_R = 8.304$

2.3.3 Model description SINETZ

The SINETZ model is shown in the graphic representation below:



2.3.4 Result comparison

Value	Reference (MCad)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Δp	0.44972 bar	0.44987 bar	0.00015 bar	< 0.05%

Table 3.3-1: Comparison of results

2.3.5 Conclusion

The results are very close to the reference values.

The very small difference appears only because of the limited number of digits entered for the basic values.

2.3.6 Files

SINETZ-Input: 03_straight_pipe+bend.snp

Mathcad-Input: 03_straight_pipe+bend.mcd

2.4 Straight Pipe with reducer

2.4.1 Problem definition

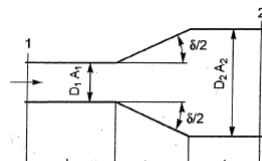
Verify the pressure loss of a straight pipe.

Take into consideration an additional zeta value for a reducer.

2.4.2 References

FDBR-Handbuch, Wärme- und Strömungstechnik, November 1998,
Kapitel 9.1.2.2 Widerstandsbeiwerte für Querschnittsänderungen

Including 1. Expansion of the cross section
(expansion)



Der Verlust läßt sich herabsetzen, wenn man einen konischen Übergang wählt (Bild 9.1.2 - 4/2).

Da sich bei einem Öffnungswinkel von 180° der Stoßverlust ergeben muß, ist es sinnvoll, diesen Verlust auf den Stoßverlust zu beziehen. Bezogen auf den Staudruck im Querschnitt 1 ist:

$$\zeta_{V1} = \zeta' \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 = \zeta' \zeta_{C1} \quad 9.1.2 - 4/3$$

Der Verlustfaktor ζ' (Bild 9.1.2 - 5/1) läßt sich durch folgende Näherungsfunktion wiedergeben:

$$\zeta' = \tanh \left(1,41 \frac{\delta}{100} \right) + 522 \left(\frac{\delta}{100} \right)^{4,365} \exp \left(-8 \frac{\delta}{100} \right) \quad 9.1.2 - 5/1$$

In die Gleichung 9.1.2 - 5/1 ist δ in Grad einzusetzen.

2. Reduction of the cross section (reducer)

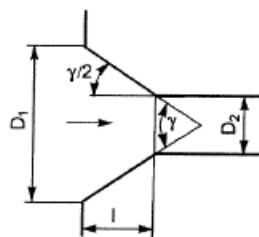


Bild 9.1.2 - 9/1
Querschnittsverengung mit konischem Einlauf

Wegen der Kante am Übergang zum kleinen Querschnitt muß man aber mit einer Einschnürung der Strömung rechnen, die Verluste verursacht. Die Verluste sind vom Konuswinkel γ und dem Verhältnis l/D_2 abhängig (Bild 9.1.2 - 9/2). Der Kurvenverlauf läßt sich durch folgende Näherungsgleichung wiedergeben, wobei γ in Grad einzusetzen ist:

$$\zeta_{VK} = 0,5 - 0,42 \tanh \left(10,5 \frac{l}{D_2} \right) \sin \left[\pi \sin \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] \quad 9.1.2 - 9/1$$

Pressure loss - Reducer + Expansion

$$\text{Units} \quad \text{bar} := 0.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Inputs:

	DN200	DN100
diameter	$d_a := 219.1 \cdot \text{mm}$	$d_{a2} := 114.3 \cdot \text{mm}$
wallthickness	$s_R := 6.3 \cdot \text{mm}$	$s_{R2} := 3.6 \cdot \text{mm}$
length pipe	$l_{\text{Rin}} := 50.0 \cdot \text{m}$	
roughness	$k_R := 0.1 \cdot \text{mm}$	
reducer	$l_{\text{Red}} := 152 \cdot \text{mm}$	
	$\delta_v := 66$	$\gamma := \delta_v \cdot \frac{\pi}{180}$

DN200

$$d_i := d_a - 2 \cdot s_R \quad d_i = 206.5 \cdot \text{mm}$$

$$A_1 := \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad A_1 = 0.033 \cdot \text{m}^2$$

DN100

$$d_{i2} := d_{a2} - 2 \cdot s_{R2} \quad d_{i2} = 107.1 \cdot \text{mm}$$

$$A_2 := \frac{\pi}{4} \cdot d_{i2}^2 \quad A_2 = 9.009 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

+

Results

Expansion / Erweiterung

$$\zeta_v := \left[\tanh \left(1.41 \cdot \frac{\delta_v}{100} \right) + 522 \cdot \left(\frac{\delta_v}{100} \right)^{4.365} \exp \left(-8 \cdot \frac{\delta_v}{100} \right) \right] \cdot \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)^2$$

$$\zeta_v = 0.622165$$

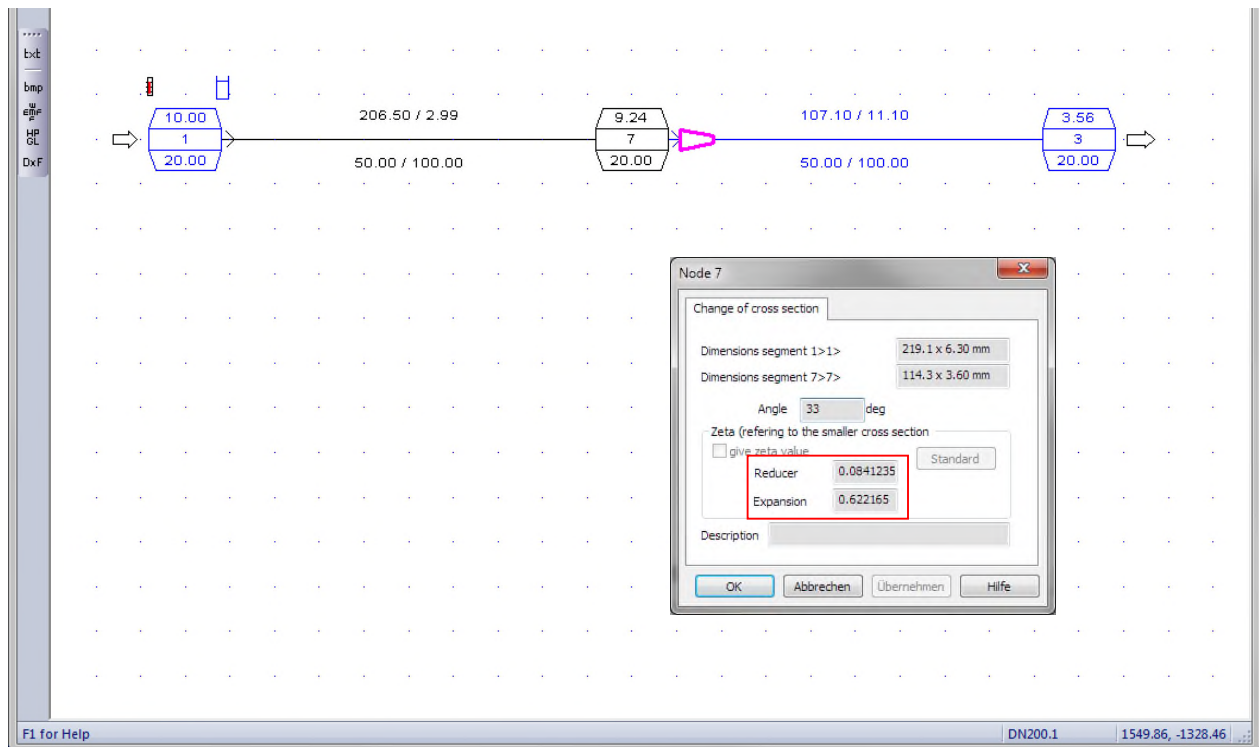
Reducer / Einschnürung

$$\zeta_{VK} := 0.5 - 0.42 \cdot \tanh \left(10.5 \cdot \frac{l_{\text{Red}}}{d_{i2}} \right) \cdot \sin \left(\pi \cdot \sin \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right)$$

$$\zeta_{VK} = 0.084123$$

2.4.3 SINETZ Model description and Results

THE SINETZ model and SINETZ results are shown in the graphic representation below:



2.4.4 Result comparison

Value	Reference (MCad)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Zeta Expansion	0.622165	0.622165	0.0	---
Zeta Reduction	0.084123	0.084123	0.0	---

Table 3.4-1: Comparison of results

2.4.5 Conclusion

There is no difference between reference and SINETZ calculation.

2.4.6 Files

SINETZ-Input: 04_straight_pipe+reducer.snp

Mathcad-Input: 04_straight_pipe+reducer.mcd

2.5 Straight Pipe with tee

2.5.1 Problem definition

Verify the calculation of zeta values for a tee.

This example takes into consideration two different conditions of flow:

Flow division and flow merging

2.5.2 References

FDBR-Handbuch, Wärme- und Strömungstechnik, November 1998,
Kapitel 9.1.2.4 Widerstandsbeiwerte für Rohrverzweigungen

9.1.2 - 16

November 1998

 **FDBR-Handbuch**
Wärme- und Strömungstechnik
Alle Rechte vorbehalten!

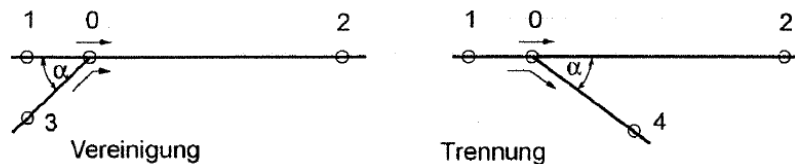


Bild 9.1.2 - 16/1:

Rohrverzweigungsschema, Meßstellenanordnung

Flow division – inputs

Ermittlung von Zetawerten an Rohrverzweigungen gemäß FDBR-Handbuch Wärme- und Strömungstechnik, 11/1996

bzw. F. Brandt, Dampferzeuger (1999)

(Implementiert in SINETZ)

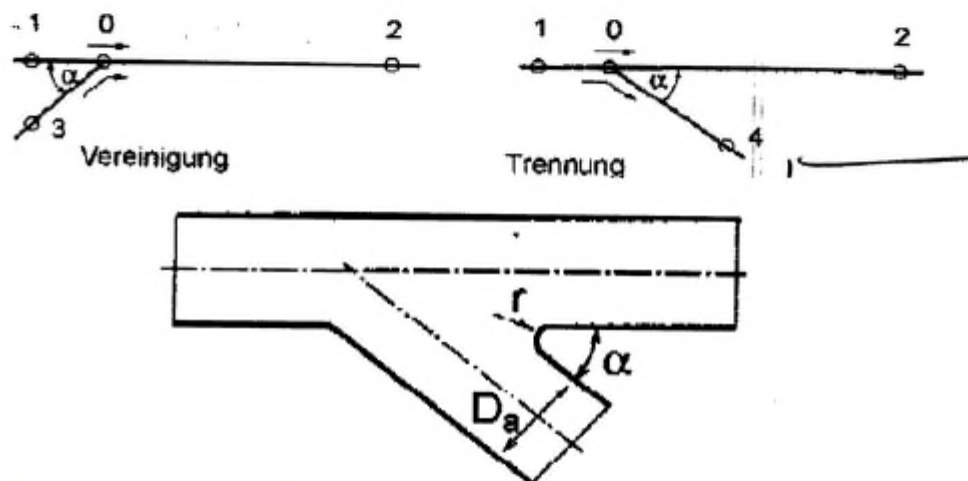
Die errechneten Zetawerte ζ_{VdT} und ζ_{VaT} (bzw. ζ_{VdV} und ζ_{VaV}) beziehen sich immer auf die Strömungsverhältnisse im Hauptrohrabschnitt, in dem der gesamte Massenstrom fließt.

SINETZ rechnet diese Zetawerte folgendermaßen um:

- der Abzweig-Zetawert wird auf die Strömungsverhältnisse im Abzweigabschnitt umgerechnet
- der Hauptrohr-Zetawert wird auf die Strömungsverhältnisse im Hauptrohrabschnitt nach der Trennung bzw. vor der Vereinigung umgerechnet

Dies geschieht, indem zuerst der Druckverlust gemäß der Gleichungen 9.1.2-17/3 - 9.1.2-17/6 ermittelt wird.

Dieser Druckverlust wird dann in einen Zetawert für den entsprechenden Abschnitt umgerechnet.



Inputs:

(Eingabeparameter in rot!)

Bemerkung:

DaA	diameter branch	168,3	mm
SA	wallthickness branch	4,5	mm
AA	area branch (calculated value)	0,01993	m ²
DaH	diameter header	219,1	mm
SH	wall thickness header	6,3	mm
AH	area header (calculated value)	0,03349	m ²
α	angle	90	
r	radius branch	0	
Rho	medium density	1000	kg/m ³
M1	mass flow section 1-0	100	kg/s
M2	mass flow section 0-2	60	kg/s
M3	mass flow section 0-3 bzw 0-4	40	kg/s
w1	velocity section 1-0	2,9859	m/s
w2	velocity section 0-2	1,7915	m/s
w3	velocity section 0-3 / 0-4	2,0070	m/s

Flow division – results

Results:

Stromtrennung				
Hauptrohr				
x	Hilfswert, $x=M3/M1$	0,400000		
a	Hilfswert, $a=AH/AA$	1,680384		
C	Hilfswert, $C=0,04*(1-1,25e(-0,68*a))$	0,002759		
ζ_{VdT}	(bezogen auf Gesamtmassenstrom im Hauptrohr)	0,010050		
dP, Verwirbelung	Druckverlust (ohne Reibung)	44,80	N/m ²	
dP, Beschleunigungsverlust	Druckverlust Beschleunigungsverlust	-2852,92	N/m ²	
P1 - P4		-2808,12	N/m ²	
ζ_{VH} (Verwirbelung)	(umgerechnet auf Abschnitt nach Trennung)	0,02792		
ζ_{VH} (Beschleunigungsverlust)	(umgerechnet auf Abschnitt nach Trennung)	-1,77778		
$\zeta_{T_Hauptrohr}$	(umgerechnet auf Abschnitt nach Trennung)	-1,74986		
Abzweig				
x	Hilfswert, $x=M3/M1$	0,400000		
a	Hilfswert, $a=AH/AA$	1,680384		
y	Hilfswert, $y=r/DaA$	0,000000		
C	Hilfswert, $C=0,87*(a-0,82)$	0,748534		
D	Hilfswert, $D=0,0685*(1,36 + a)$	0,208266		
E	Hilfswert, $E=0,1+1,32e(-0,4*(a-1))$	1,105493		
ζ_{VaT}	(bezogen auf Gesamtmassenstrom im Hauptrohr)	1,254425		
dP, Verwirbelung	Druckverlust Abzweig (ohne Reibung)	5591,84	N/m ²	
dP, Beschleunigungsverlust	Druckverlust Beschleunigungsverlust	-2443,75	N/m ²	
P1 - P4		3148,09	N/m ²	
ζ_{VA} (Verwirbelung)	(umgerechnet auf den Abzweig)	2,77656		
ζ_{VA} (Beschleunigungsverlust)	(umgerechnet auf den Abzweig)	-1,21342		
ζ_{T_Abzw}	(umgerechnet auf den Abzweig)	1,56315		

Flow merging – inputs

**Ermittlung von Zetawerten an Rohrverzweigungen gemäß
FDBR-Handbuch Wärme- und Strömungstechnik, 11/1996
bzw. F. Brandt, Dampferzeuger (1999)
(Implementiert in SINETZ)**

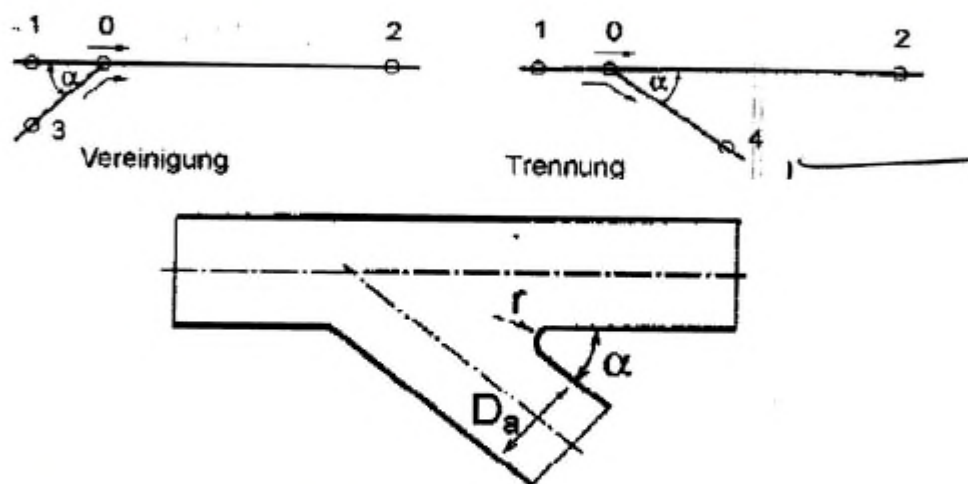
Die errechneten Zetawerte ζ_{VdT} und ζ_{VaT} (bzw. ζ_{VdV} und ζ_{VaV}) beziehen sich immer auf die Strömungsverhältnisse im Hauptrohrabschnitt, in dem der gesamte Massenstrom fließt.

SINETZ rechnet diese Zetawerte folgendermaßen um:

- der Abzweig-Zetawert wird auf die Strömungsverhältnisse im Abzweigabschnitt umgerechnet
- der Hauptrohr-Zetawert wird auf die Strömungsverhältnisse im Hauptrohrabschnitt nach der Trennung bzw. vor der Vereinigung umgerechnet

Dies geschieht, indem zuerst der Druckverlust gemäß der Gleichungen 9.1.2-17/3 - 9.1.2-17/6 ermittelt wird.

Dieser Druckverlust wird dann in einen Zetawert für den entsprechenden Abschnitt umgerechnet.

**Inputs:**

(Eingabeparameter in rot!)

Bemerkung:

DaA	diameter branch	168,3	mm
SA	wallthickness branch	4,5	mm
AA	area branch (calculated value)	0,01993	m ²
DaH	diameter header	219,1	mm
SH	wall thickness header	6,3	mm
AH	area header (calculated value)	0,03349	m ²
α	angle	90	
r	radius branch	0	
Rho	medium density	1000	kg/m ³
M1	mass flow section 1-0	60	kg/s
M2	mass flow section 0-2	100	kg/s
M3	mass flow section 0-3 bzw 0-4	40	kg/s
w1	velocity section 1-0	1,7915	m/s
w2	velocity section 0-2	2,9859	m/s
w3	velocity section 0-3 / 0-4	2,0070	m/s

Flow merging – results

Results:

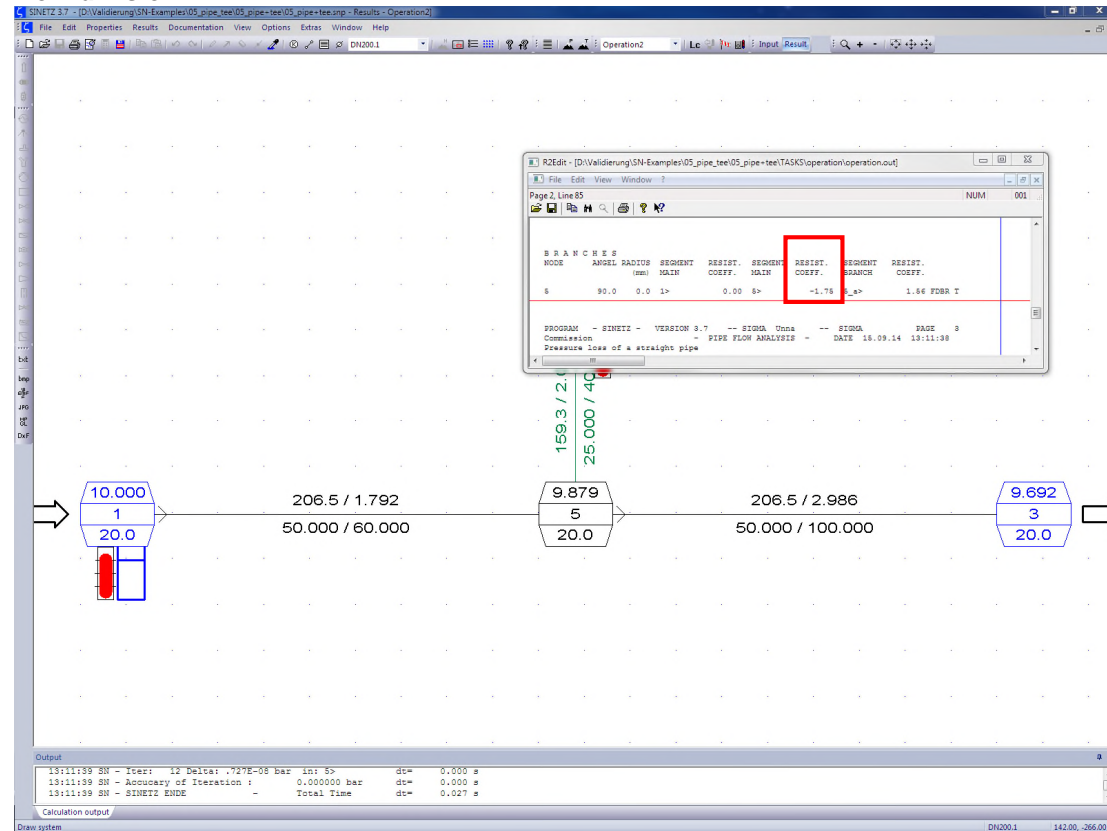
Stromvereinigung			
Header			
x	Hilfswert, $x=M3/M2$	0,400000	
a	Hilfswert, $a=AA/AH$	1,680384	
C	Hilfswert, $C=1,05-0,475e(-2,26*(a-1))$	0,947931	
E	Hilfswert, $E=0,468*a^{-2,17}$	0,151743	
ζVdV	(bezogen auf Gesamtmassenstrom im Hauptrohr)	0,508840	
dP, Verwirbelung	Druckverlust Verwirbelung (ohne Reibung)	2268,2519	N/m ²
dP, Beschleunigungsverlust	Druckverlust Beschleunigungsverlust	2852,9226	N/m ²
P1 - P2	gesamter Druckverlust	5121,1745	N/m ²
ζVH (Verwirbelung)	(umgerechnet auf Abschnitt vor Vereinigung)	1,41344	
ζVH (Beschleunigungsverlust)	(umgerechnet auf Abschnitt vor Vereinigung)	1,77778	
ζV_Hauptrohr	(umgerechnet auf Abschnitt vor Vereinigung)	3,19122	
Branch			
x	Hilfswert, $x=M3/M2$	0,400000	
a	Hilfswert, $a=AA/AH$	1,680384	
y	Hilfswert, $y=r/DaA$	0,000000	
C	Hilfswert, $C=0,25*(a-0,04)^{0,26}$	0,284332	
E	Hilfswert, $E=1,29*a^{-0,17-0,94}$	0,241055	
ζVaV	(bezogen auf Gesamtmassenstrom im Hauptrohr)	0,330218	
dP, Verwirbelung	Druckverlust (ohne Reibung)	1472,0120	N/m ²
dP, Beschleunigungsverlust	Druckverlust Beschleunigungsverlust	2443,7488	N/m ²
P3 - P2	gesamter Druckverlust	3915,7609	N/m ²
ζVA (Verwirbelung)	(umgerechnet auf den Abzweig)	0,73091	
ζVA (Beschleunigungsverlust)	(umgerechnet auf den Abzweig)	1,21342	
ζV_Abzw	(umgerechnet auf den Abzweig)	1,94433	

Test cases

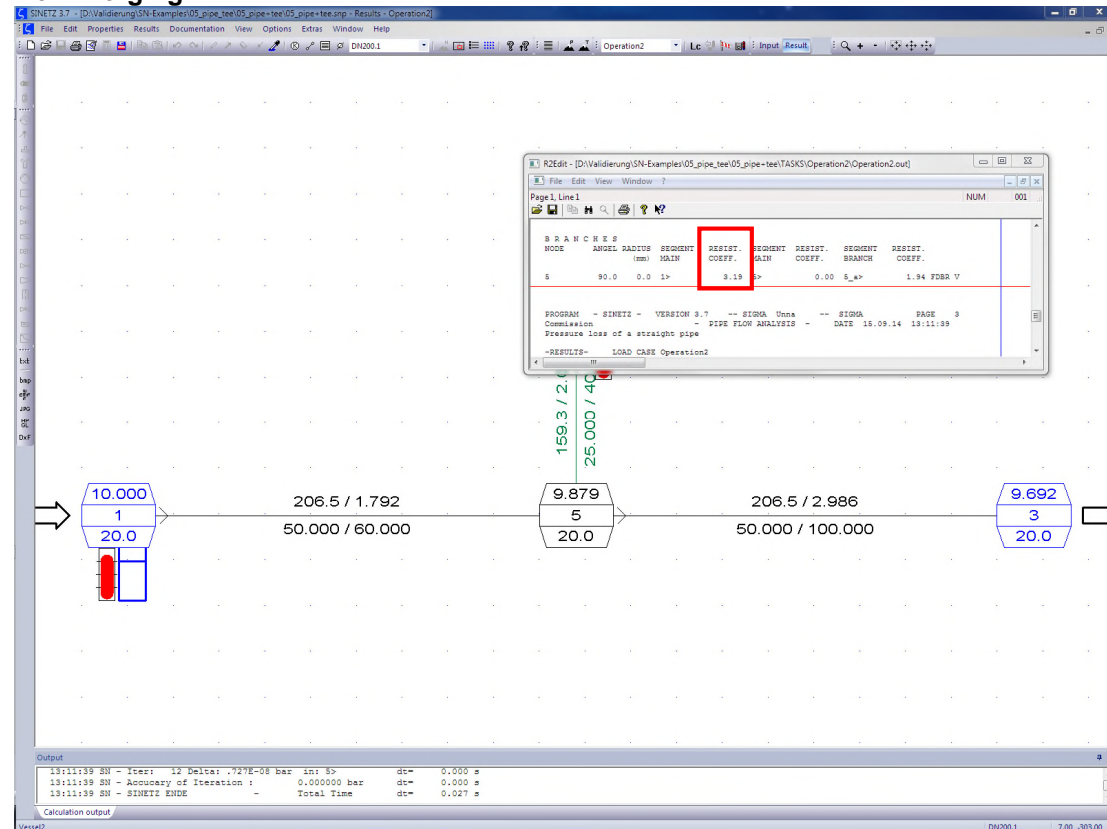
2.5.3 SINETZ Model description and Results

THE SINETZ model and the SINETZ results are shown in the graphic representation below:

Flow division



Flow merging



2.5.4 Result comparison

Value	Reference (Excel)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Flow division	-1.74986	-1.75	0.00986	< 0.5%
Flow merging	3.19122	3.19	0.00122	< 0.05%

Table 3.5-1: Comparison of results

2.5.5 Conclusion

The results are very close to the reference values.

The very small difference appears only because of the limited number of digits entered for the basic values.

2.5.6 Files

SINETZ-Input: 05_pipe+tee.snp

Mathcad-Input: 05_pipe+tee.mcd

2.6 Straight Pipe with difference in elevation

2.6.1 Problem definition

Verify the pressure loss of a straight pipe with difference in elevation.

2.6.2 References

Formelsammlung – Druckverlust in Rohrleitungen

Collection of equations - Pressure loss in piping

Die empirische Gleichung für Druckverluste in durchströmten Rohrleitungen incl. Formteilen (z. B. Bögen, Reduzierungen und Armaturen) unter der Voraussetzung einer konstanten Dichte lautet nach Darcy-Weisbach:

$$\Delta p_{v12} = \frac{\rho u^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_i \right)$$

Es handelt sich hier um einen Druckverlust-Ansatz der erweiterten [Bernoullischen Energiegleichung](#). Diese zunächst reibungsfreie (ideale) Bernoulli-Energiegleichung (in Differenzdruckform) wird um den Druckverlustterm Δp_{v12} erweitert:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \Delta p_{v12}$$

also

$$\Delta p_{v12} = p_1 - p_2 + \frac{\rho}{2} (u_1^2 - u_2^2) + \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

Dabei ist:

ρ Dichte (SI-Einheit: kg/m³)

u mittlere Strömungsgeschwindigkeit (SI-Einheit: m/s)

λ Rohrreibungszahl

l Länge der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

d Innendurchmesser der Rohrleitung (SI-Einheit: m)

ζ Druckverlustbeiwert

h geodätische Höhe von einem gewählten Bezugspunkt (SI-Einheit: m)

g Schwerebeschleunigung (SI-Einheit: m/s²)

Variable	Description	Unit	used value
Diameter	Outer diameter pipe	mm	219.1
wall thickness	Wall thickness pipe	mm	6.3
Roughness	Roughness pipe	mm	0.1
Inflow	inflow	Kg/s	100.0
Pressure	Pressure (bar abs) at node 1 (inflow)	bar	10.0
Temperature	Medium temperature at node 1 (Inflow)	°C	20.0
Height 1	Geodetical height at node 1	m	0.0
Height 2	Geodetical height at node 2	m	10.0

Pressure loss - straight pipe with difference in elevation

Inputs

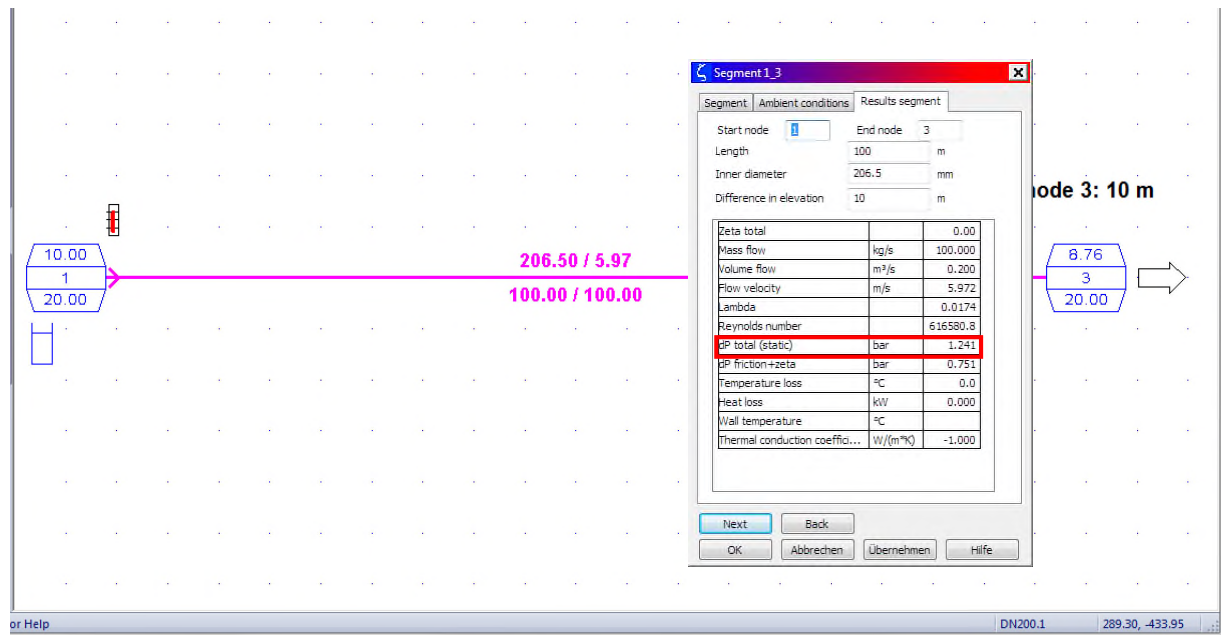
diameter	$d_a := 219.1 \cdot \text{mm}$	Units	$\text{bar} := 0.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
wallthickness	$s_R := 6.3 \cdot \text{mm}$		
length pipe	$l_R := 100 \cdot \text{m}$		
roughness	$k_R := 0.1 \cdot \text{mm}$		
fluid density	$\rho := 500 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		+
fluid viscosity	$\eta := 0.001 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$	$\eta = 1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$	
massflow	$m_s := 100 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}}$		
difference in elevation	$h := 10 \cdot \text{m}$		

Results

	$d_i := d_a - 2 \cdot s_R$	$d_i = 206.5 \cdot \text{mm}$
	$A := \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2$	$A = 0.033 \cdot \text{m}^2$
	$d_h := \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d_i}$	$d_h = 0.206 \cdot \text{m}$
velocity	$v_m := \frac{m_s}{\rho \cdot A}$	$v_m = 5.972 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$
viscosity	$\nu := \frac{\eta}{\rho}$	$\nu = 2 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Reynolds Number	$Re := \frac{v_m \cdot d_h}{\nu}$	$Re = 616581$
Fric.coefficient λ	$\lambda := 1$ $\lambda = 2$	
Given	$\frac{1}{\lambda^{(0.5)}} = -2 \cdot \log \left[\frac{2.51}{Re \cdot \lambda^{(0.5)}} + \frac{k_R}{d_i} \cdot 0.269 \right]$	
Iteration	$\lambda := \text{suchen}(\lambda)$	$\lambda = 0.01738$
pressure loss	$\Delta p := \rho \cdot \frac{v_m^2}{2} \cdot \lambda \cdot \frac{l_R}{d_i} + \rho \cdot g \cdot h$	$\Delta p = 1.24065 \cdot \text{bar}$

2.6.3 SINETZ model description and results

The SINETZ model and SINETZ results are shown in the graphic representation below:



2.6.4 Result comparison

Value	Reference (MCad)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Δp	1.24065 bar	1.24092 bar	0.00027 bar	< 0.05%

Table 3.6-1: Comparison of results

2.6.5 Conclusion

The results are very close to the reference values.

The very small difference appears only because of the limited number of digits entered for the basic values.

2.6.6 Files

SINETZ-Input: 06_straight_pipe+hight.snp

Mathcad-Input: 06_straight_pipe+hight.mcd

2.7 Straight Pipe with orifice

2.7.1 Problem definition

Verify the pressure loss of a straight pipe.
Take into consideration an additional zeta value for an orifice.

2.7.2 References

EN ISO 5167-2, 2003, published 2004
Kapitel 5.3 Koeffizienten von Blenden und zugehörige Messunsicherheiten

Test cases

Blenden mit vorgegebenem Drosseldurchmesser nach EN 5167-2, 2004

Orifice with given diameter of throttle opening acc. to EN 5167-2, 2004

Eingabedaten / Input data:

Geometry:

diameter pipe	da	219,10 mm
wall thickness pipe	s	6,30 mm
throttle opening	d	150,00 mm

Medium:

mass flow	qm	10,0000 kg/s
pressure inlet		9,9999 bar
density inlet	rho(1)	11,923 kg/m³
average density in/out (zeta)		11,650 kg/m³
dyn. Viscosity inlet		1,8226E-05 Pa s
kappa		1,41304

(nur bei kompressiblen Medien,
ansonsten 0 setzen!)

Hilfswerte

PI	3,141592654
----	-------------

Results:

Geometry:

inner diameter	D	0,2065 m
cross-sectional area		0,0335 m²
Beta = d/D		0,7264

Medium:

mass flow	0,8387 m³/s
velocity	25,0421 m/s
pressure inlet	999987,00 N/m²
kin. Viscosity inlet	1,5286E-06 m²/s
Reynoldsn. inlet	3382974,29

Durchflusskoeffizient C (EN 5167-2, 5.3.2.1)

L1	0,0000	SINETZ setzt L1 und L2s = 0 (Eck-Druckentnahme)
L2s	0,0000	
M2s	0,000000	
A	0,012260	
C1	0,597584	für D >= 71,12 mm!
C2	0,596200	für D < 71,12 mm!
C	0,597584	

Expansionszahl Epsilon für kompressible Medien (EN 5167-2, 5.3.2.2)

iterative Berechnung, da epsilon vom Wirkdruck abhängt, dieser aber von epsilon abhängt!

Eps_start	0,992305	
Wirkdruck dPw	27556,66 N/m²	EN 5167, Kapitel 4.
Druck auf der Austrittsseite (P2)	972430,34 N/m²	
Eps_end	0,990320	
Epsilon	0,990320	Endergebnis für Epsilon (= 1 bei inkompressiblen Medien)
Wirkdruck dPw (EN 5167-2, 4.)		
Wirkdruck dPw	27667,26 N/m²	EN 5167, Kapitel 4.

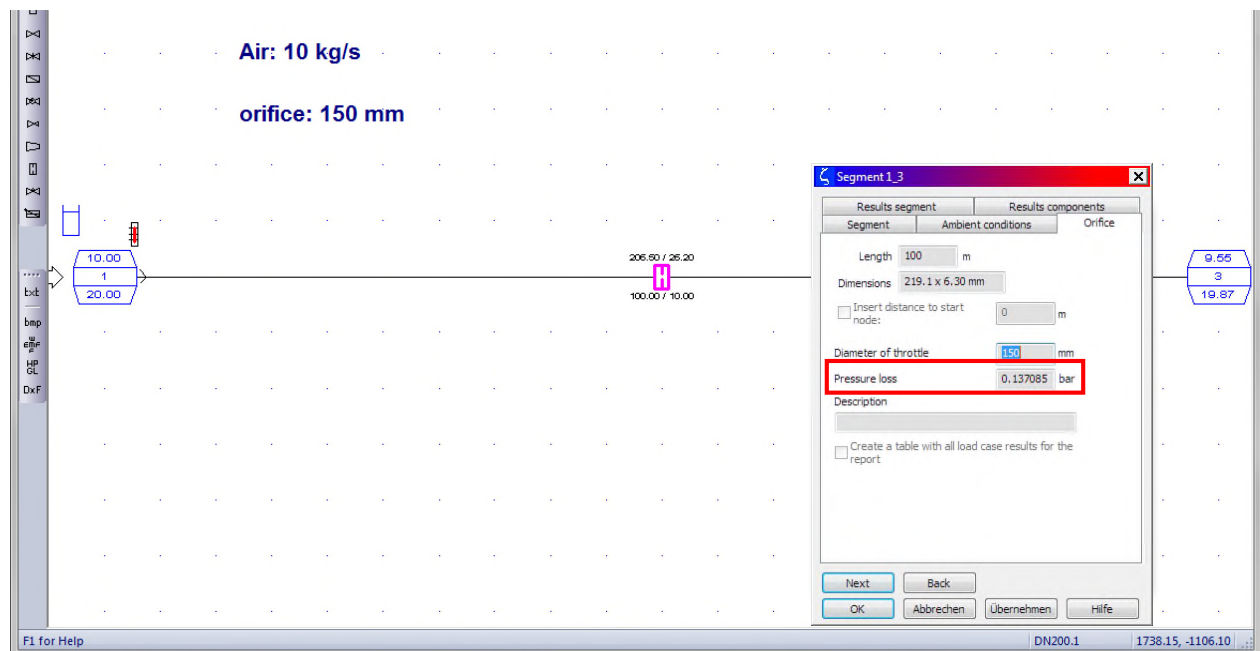
bleibender Druckverlust dP (EN 5167-2, 5.4)

Druckverlust dP	13382,39 N/m²
Druckverlust dP	<u>0,1338 bar</u>
Umrechnung dP in Zeta	
Zeta	<u>3,580</u>

Dieser Zetawert ist bei kompressiblen Medien ungenau (zu gross) da sich durch den Druckverlust die Dichte ändert!
SINETZ berücksichtigt dies bei der Berechnung und kommt daher zu einem kleineren, genaueren Zetawert.

2.7.3 SINETZ model description and results

THE SINETZ model and SINETZ results are shown in the graphic representation below:



2.7.4 Result comparison

Value	Reference (MCad)	SINETZ	Difference	Difference [%]
Δp	0.136 bar	0.137 bar	0.001 bar	< 1%
Zeta	3.582	3.582		< 0,05%

Table 3.7-1: Comparison of results

2.7.5 Conclusion

The results are very close to the reference values.

The very small difference appears only because of the limited number of digits entered for the basic values.

2.7.6 Files

SINETZ-Input: 07_straight_pipe_orifice.snp
Mathcad-Input: 07_straight_pipe_orifice.mcd

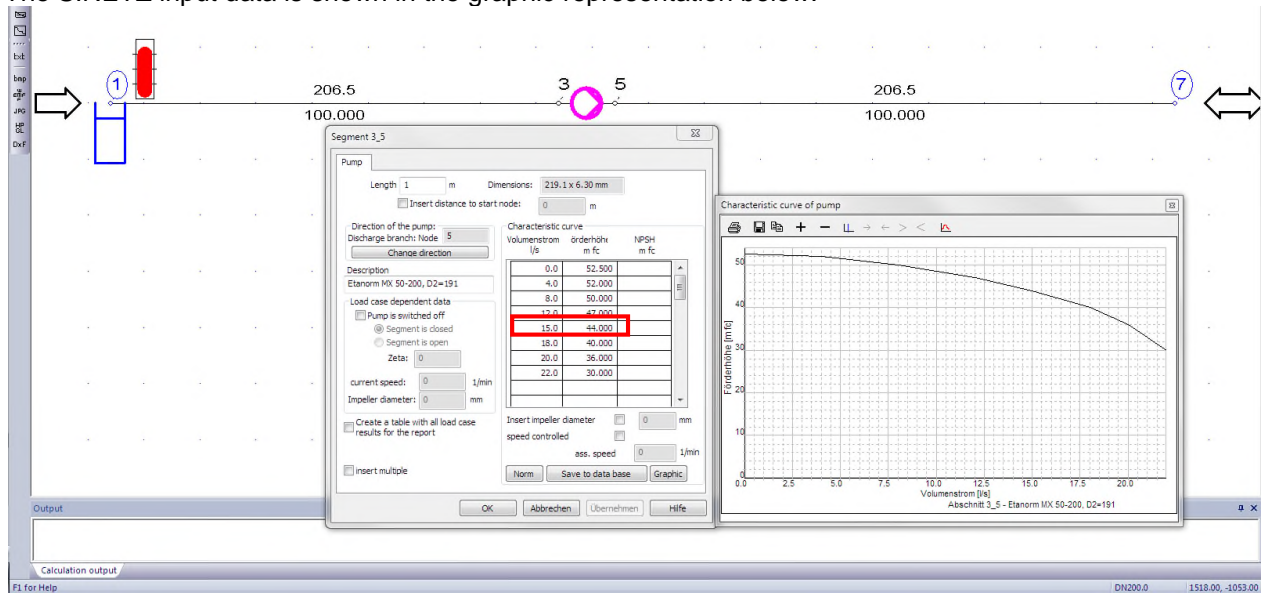
2.8 Pump with given pump curve

2.8.1 Problem definition

Check the operating point of a pump with given pump curve.

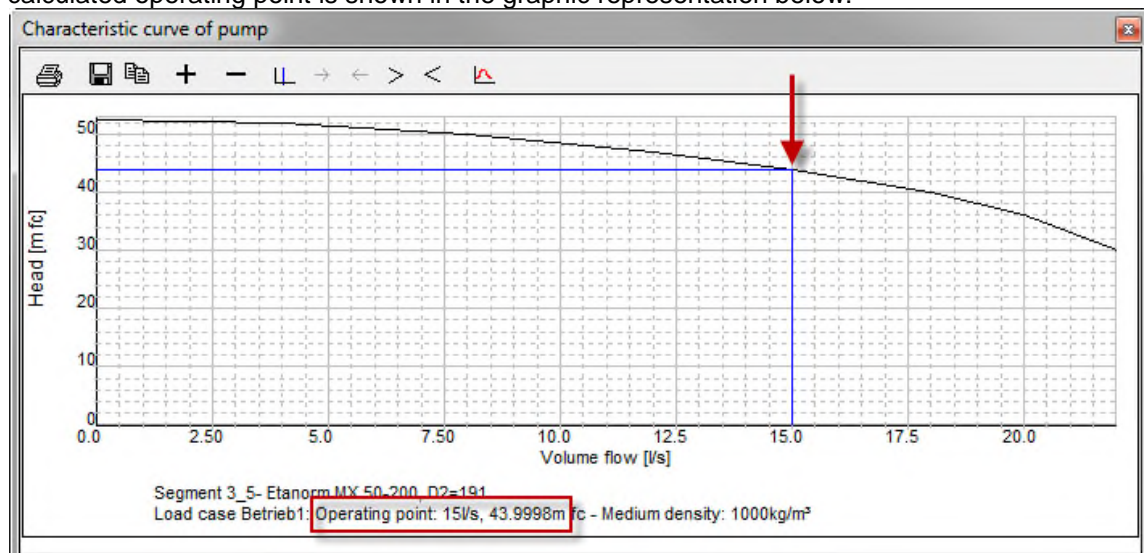
2.8.2 SINETZ input data

The SINETZ input data is shown in the graphic representation below:



2.8.3 SINETZ results

The calculated operating point is shown in the graphic representation below:



2.8.4 Result comparison

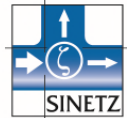
Value	Reference (manufacturer	SINETZ	Difference	Difference [%]
Head m fc	44.000 m fc	44.000 m fc	0.000 m fc	< 0.000%

Table 3.8-1: Comparison of results

2.8.5 Files

SINETZ-Input: 08_pump_given-curve.snp

3 Appendix: Non regression test certificate



The non-regression test has been performed against the test set of:

58 systems with 67 SINETZ runs

Non regression test for

SINETZ Release 3.8, April 2016

performed on **Mai 02, 2016**

Monday, 2 Mai 2016

date

signature + stamp

Approved

Tuesday, 3 Mai 2016

date

signature + stamp