

Optimaler Rohrdurchmesser



IBZ	TM 5	Case Study Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler Andre Heiniger Martin Seite 2 von 16
-----	------	-------------------------------	---

Pflichtenheft

Ein neues Fabrikgebäude muss mit 300 m³/h Kühlwasser versorgt werden, die aus einem Fluss in ca. 2000 m Entfernung entnommen werden. Der Lageplan ist gemäss Skizze. Aus Sicherheitsgründen sind 2 parallel geschaltete Pumpen vorzusehen, wovon immer nur eine im Betrieb ist. Für diese Anlage ist die bestmögliche wirtschaftliche Lösung zu finden.

Technische Daten:

Wasserbedarf:	300 m³/h Wasser von ca. 15°C
Erforderlicher Überdruck am Gebäude:	6 bar
Rohrleitungsverlauf:	gemäss Skizze
Abschreibungszeit:	20 Jahre
Zinsen auf investiertes Material:	5%
Pumpenlaufzeit:	5 Tage die Woche 16 h → 80h

1. Anforderungen und Konzept

- Die optimale Pumpenleistung und der optimale Rohrdurchmesser müssen berechnet werden.
- Die Lageskizze muss genau überarbeitet werden
- Es werden die Kosten für 4 unterschiedliche Rohrdurchmesser mit den dazugehörigen Apparaturen berechnet. Montagemittel und Unterhalt werden nicht berücksichtigt.
- Aus allen Berechnungen wird die definitive Kostenzusammenstellung erstellt.
- Die beste Lösung wird präsentiert.

2. Rohrleitungsverlaufsskizze

- Nachdem wir in der Schule eine Skizze ausgearbeitet haben, werden von uns verschiedene Details selbst bestimmt.
- Zum Teil werden Annahmen getroffen.

IBZ	TM 5	Case Study Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler Andre Heiniger Martin Seite 3 von 16
------------	-------------	---	---

3. Berechnungen

- Wir werden uns bei verschiedenen Rohrleitung- und Pumpenhersteller informieren.
- Die Berechnung der Pumpe und des Rohrdurchmessers erfolgt nach der gelernten Methode (Bernoulli).

4. Kostenberechnung

- Zuerst werden die verschiedenen Materialkosten berechnet.
- Die beste Lösung wird bestimmt.

5. Kostenzusammenstellung

- Es wird ein Leistungs- Rohrdurchmesserdiagramm sowie ein Preis-Leistungsdiagramm erstellt.

6. Präsentation

- Es wird ein Ablaufschema erstellt und danach präsentiert.
- Präsentiert wird die Arbeit mit Hellraumprojektor
- Für den Lehrer wird ein Handout abgegeben

IBZ	TM 5	Case Study Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler Andre Heiniger Martin Seite 4 von 16
-----	------	-------------------------------	---

Bestimmen der Pumpe

Geg: Vs: 300 m³/h
h: 4m
pü: 6bar

Ges: a) Druckhöhe h_p?
b) Pumpentyp?
c) d_{saug} / d_{druck}

$$a) \quad p = h \cdot g \cdot \delta \Rightarrow h_p = \frac{p}{\delta \cdot g} = \frac{6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} = \underline{\underline{61.2 \text{ m}}}$$

$$b) \quad h_{\text{tot}} = h + h_p + h_v = 2 \text{ m} + 61.2 \text{ m} + 30 \text{ m} = \underline{\underline{93.2 \text{ m}}}$$

!!! Verlusthöhe h_v wird angenommen!!!

Anhand des Diagramms im Kreiselpumpenprospekt von Grundfos kommen die Typen der Pumpenreihe NK 100-300; NK 100-250; NK 125-250 in Frage.

c) d_s = 125 mm; 150 mm (Grundfos)
d_d = 100 mm; 125 mm (Grundfos)

Strömungsgeschwindigkeit

Variante 1

$$w_s = \frac{V}{A_s} = \frac{300 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.125 \text{ m})^2 \cdot \pi} = \underline{\underline{6.8 \text{ m/s}}} \Rightarrow \text{unwirtschaftlich} \quad (\text{TSL.S.423})$$

$$w_d = \frac{V}{A_d} = \frac{300 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.1 \text{ m})^2 \cdot \pi} = \underline{\underline{10.6 \text{ m/s}}} \Rightarrow \text{unwirtschaftlich} \quad (\text{TSL.S.423})$$

$$Re_s = \frac{w_s \cdot d_s}{\nu} = \frac{6.8 \text{ m/s} \cdot 0.125 \text{ m}}{1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}} = 850000 \Rightarrow \text{turbulent}$$

$$Re_d = \frac{w_d \cdot d_d}{\nu} = \frac{10.6 \text{ m/s} \cdot 0.1 \text{ m}}{1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}} = 1060000 \Rightarrow \text{turbulent}$$

IBZ	TM 5	Case Study Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler Andre Heiniger Martin Seite 5 von 16
-----	------	-------------------------------	---

Druckverluste (Von Roll Gussrohre mit PUR-Beschichtung)

$k < 0.01 \text{ mm}$ (Von Roll-Ordner S.1/4)

Zulässiger Druck = 16bar (PN-Wert aus Tabelle S.4/1.2-3)

$$\Delta p_{\text{Verlust}} = \lambda \cdot \frac{(w_d)^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.013 \cdot \frac{(10.6)^2}{2} \cdot 1000 \cdot \frac{2000}{0.1} = 146 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \underline{\underline{146\text{bar}}}$$

Zweite Variante mit doppeltem Rohrdurchmesser (200 mm)

$$w_d = \frac{V}{A_d} = \frac{300\text{m}^3 / \text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.2\text{m})^2 \cdot \pi} = \underline{\underline{2.65\text{m/s}}} \Rightarrow \text{wirtschaftlich (TSL S.423)}$$

$$\text{Re}_d = \frac{w_d \cdot d_d}{\nu} = \frac{2.65\text{m/s} \cdot 0.2\text{m}}{1 \cdot 10^{-6} \text{m}^2 / \text{s}} = 530000 \Rightarrow \text{turbulent}$$

$$\Delta p_v = \lambda \cdot \frac{(w_d)^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.0135 \cdot \frac{(2.65)^2}{2} \cdot 1000 \cdot \frac{2000}{0.2} = 474019\text{Pa} = \underline{\underline{4.7\text{bar}}}$$

$$h_v = \frac{p}{\delta \cdot g} = \frac{474019\text{N/m}^2}{1000\text{kg/m}^3 \cdot 9.81} = \underline{\underline{48.3\text{m}}}$$

Dritte Variante mit Rohrdurchmesser (250 mm)

$$w_d = \frac{V}{A_d} = \frac{300\text{m}^3 / \text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.25\text{m})^2 \cdot \pi} = \underline{\underline{1.7\text{m/s}}} \Rightarrow \text{wirtschaftlich (TSL S.423)}$$

$$\text{Re}_d = \frac{w_d \cdot d_d}{\nu} = \frac{1.7\text{m/s} \cdot 0.25\text{m}}{1 \cdot 10^{-6} \text{m}^2 / \text{s}} = 425000 \Rightarrow \text{turbulent}$$

$$\Delta p_v = \lambda \cdot \frac{(w_d)^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.014 \cdot \frac{(1.7)^2}{2} \cdot 1000 \cdot \frac{2000}{0.25} = 161840\text{Pa} = \underline{\underline{1.6\text{bar}}}$$

$$h_v = \frac{p}{\delta \cdot g} = \frac{161840\text{N/m}^2}{1000\text{kg/m}^3 \cdot 9.81} = \underline{\underline{16.5\text{m}}}$$

IBZ	TM 5	Case Study Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler Andre Heiniger Martin Seite 6 von 16
-----	------	-------------------------------	---

Vierte Variante mit Rohrdurchmesser (300 mm)

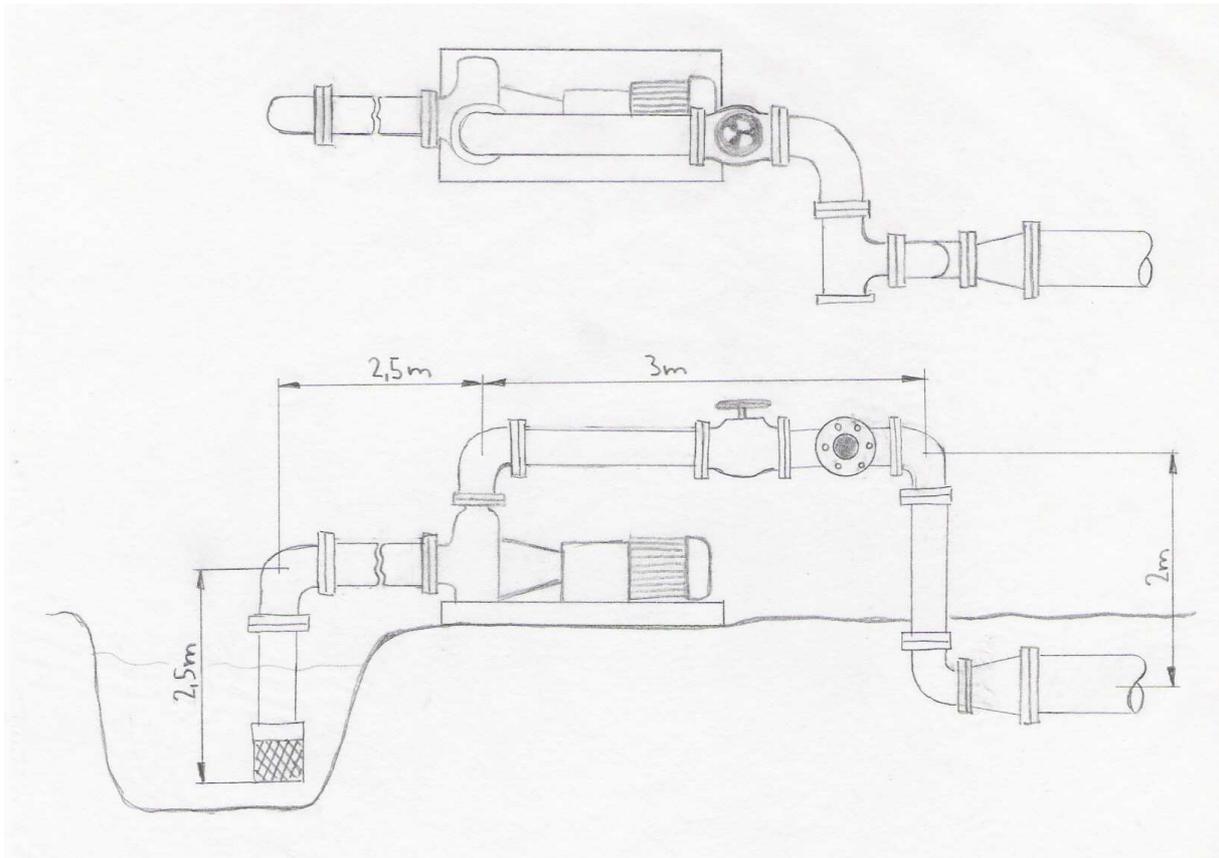
$$w_d = \frac{V}{A_d} = \frac{300\text{m}^3 / \text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.3\text{m})^2 \cdot \pi} = \underline{1.17\text{m/s}} \Rightarrow \underline{\text{unwirtschaftlich}} \quad (\text{TSL S.423})$$

$$\text{Re}_d = \frac{w_d \cdot d_d}{\nu} = \frac{1.17\text{m/s} \cdot 0.3\text{m}}{1 \cdot 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}} = 353677 \Rightarrow \text{turbulent}$$

$$\Delta p_v = \lambda \cdot \frac{(w_d)^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.0142 \cdot \frac{(1.17)^2}{2} \cdot 1000 \cdot \frac{2000}{0.3} = 65787\text{Pa} = \underline{\underline{0.65\text{bar}}}$$

$$h_v = \frac{p}{\delta \cdot g} = \frac{65787\text{N/m}^2}{1000\text{kg/m}^3 \cdot 9.81} = \underline{\underline{6.7\text{m}}}$$

Druckverluste Pumpenseitig



Variante 1

PumpenTyp: NK 100-250; NK 100-315 (Grundfos)

$$d_{\text{Saug}} = 125\text{mm}$$

$$d_{\text{Druck}} = 100\text{mm}$$

Gussrohre und -krümmer mit PUR-Beschichtung (Von Roll)

$k=0.01\text{mm}$ (gemäss Hersteller)

$$\text{Saugrohr: } \Delta p_v = \lambda \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.0135 \cdot \frac{(6.8\text{m/s})^2}{2} \cdot 1000\text{kg/m}^3 \cdot \frac{5\text{m}}{0.125\text{m}} = \underline{\underline{12485\text{Pa}}}$$

IBZ	TM 5	Case Study Optimaler Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler André Heiniger Martin Seite 8 von 16
-----	------	---	---

$$\text{Saugkrümmer: } \Delta p_v = \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 0.2 \cdot \frac{1000 \text{kg/m}^3}{2} \cdot (6.8 \text{m/s})^2 = \underline{4624 \text{Pa}}$$

$$\text{Saugkorb: } \Delta p_v = \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 2.25 \cdot \frac{1000 \text{kg/m}^3}{2} \cdot (6.8 \text{m/s})^2 = \underline{52020 \text{Pa}}$$

$$\text{Druckrohr: } \Delta p_v = \lambda \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{l}{d} = 0.0135 \cdot \frac{(10.6 \text{m/s})^2}{2} \cdot 1000 \text{kg/m}^3 \cdot \frac{5 \text{m}}{0.1 \text{m}} = \underline{37921 \text{Pa}}$$

$$\text{Druckkrümmer: } \Delta p_v = 4 \cdot \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 4 \cdot 0.2 \cdot \frac{1000 \text{kg/m}^3}{2} \cdot (10.6 \text{m/s})^2 = \underline{44644 \text{Pa}}$$

$$\text{T-Stück: } \Delta p_v = \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 1.1 \cdot \frac{1000 \text{kg/m}^3}{2} \cdot (10.6 \text{m/s})^2 = \underline{61798 \text{Pa}}$$

Im Buch werden keine Angaben zur Berechnung solcher Elemente gemacht. Wir berechnen es wie ein Kniestück mit hoher Rauigkeitszahl (TSL S.205).

Schieber: Kann vernachlässigt werden da er entweder ganz offen oder ganz geschlossen ist.

$$\Delta p_{\text{Total}} = 12485 + 4624 + 52020 + 37921 + 44644 + 61798 + 23034 = \underline{\underline{236526 \text{Pa} \Rightarrow 2.36 \text{bar}}}$$

Variante 2

PumpenTyp: NK 200-500

$$d_{\text{Saug}} = 250 \text{mm}$$

$$d_{\text{Druck}} = 200 \text{mm}$$

Gussrohre und -krümmer mit PUR-Beschichtung (Von Roll)

k=0.01mm (gemäss Hersteller)

$$w_s = \frac{V \cdot 4}{d^2 \cdot \pi} = \frac{300 \text{m}^3 / \text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.25 \text{m})^2 \cdot \pi} = \underline{1.69 \text{m/s}}$$

IBZ	TM 5	Case Study Optimaler Rohrdurchmesser	10.04.2006 Hasler André Heiniger Martin Seite 9 von 16
-----	------	---	---

$$Re_s = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{1.69 \text{ m/s} \cdot 0.25 \text{ m}}{1 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}} = 424413 \Rightarrow \text{turbulent}$$

$$\text{Saugrohr: } \Delta p_v = \lambda \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.0138 \cdot \frac{(1.69 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{5 \text{ m}}{0.25 \text{ m}} = \underline{394 \text{ Pa}}$$

$$\text{Saugkrümmer: } \Delta p_v = \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 0.19 \cdot \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (1.69 \text{ m/s})^2 = \underline{273 \text{ Pa}}$$

$$\text{Saugkorb: } \Delta p_v = \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 2.25 \cdot \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (1.69 \text{ m/s})^2 = \underline{3242 \text{ Pa}}$$

$$w_D = \frac{V_s \cdot 4}{d^2 \cdot \pi} = \frac{300 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 4}{3600 \cdot (0.2 \text{ m})^2 \cdot \pi} = \underline{2.65 \text{ m/s}}$$

$$Re_D = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{2.65 \text{ m/s} \cdot 0.2 \text{ m}}{1 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}} = 530516 \Rightarrow \text{turbulent}$$

$$\text{Druckrohr: } \Delta p_v = \lambda \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \delta \cdot \frac{1}{d} = 0.0135 \cdot \frac{(2.65 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{5 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} = \underline{1187 \text{ Pa}}$$

$$\text{Druckkrümmer: } \Delta p_v = 4 \cdot \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 4 \cdot 0.19 \cdot \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (2.65 \text{ m/s})^2 = \underline{2674 \text{ Pa}}$$

$$\text{T-Stück: } \Delta p_v = \zeta \cdot \frac{\delta}{2} \cdot w^2 = 1.25 \cdot \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (2.65 \text{ m/s})^2 = \underline{4397 \text{ Pa}}$$

Im Buch werden keine Angaben zur Berechnung solcher Elemente gemacht. Wir berechnen es wie ein Kniestück mit hoher Rauigkeitszahl (TSL S.205).

Schieber: Kann vernachlässigt werden da er entweder ganz offen oder ganz geschlossen ist.

$$\Delta p_{\text{Total}} = 358 + 273 + 3242 + 1187 + 2674 + 4397 = \underline{\underline{12131 \text{ Pa}}} \Rightarrow \underline{\underline{0.12 \text{ bar}}}$$

Investitionskosten

Kosten Pumpenseitig

Element	Anzahl	Variante d=125/150	Variante d=250/200
Kreiselpumpe	2	à 20000.- = 40000.-	à 25000.- = 50000.-
Saugkorb	2	à 1510.- = 3020.-	à 5792.- = 11584.-
Schieber	2	à 676.- = 1352.-	à 1602.- = 3204.-
Saugkrümmer	2	à 173.- = 346.-	à 535.- = 1070.-
Druckkrümmer	4	à 128.- = 512.-	à 348.- = 1392.-
T-Stück	1	190.-	472.-
Adapter	1	278.-	452.-
Saugrohr 1.5m	2	à 346.- = 692.-	à 751.- = 1502.-
Saugrohr 2.0m	2	à 388.- = 776.-	à 921.- = 1842.-
Druckrohr 1.5m	2	à 310.- = 620.-	à 612.- = 1224.-
Druckrohr 2.0m	2	à 354.- = 708.-	à 539.- = 1078.-
Total		48494.-	73820.-

Kosten der Druckleitung

Gussrohr mit PUR-Beschichtung (Steckverbindung) d = 200mm

$2000\text{m} \cdot 92.- / \text{m} = 184000.-$ (Preise exkl. MWSt, gemäss von Roll-Katalog)

Gussrohr mit PUR-Beschichtung (Steckverbindung) d = 250mm

$2000\text{m} \cdot 131.- / \text{m} = 262000.-$ (Preise exkl. MWSt, gemäss von Roll-Katalog)

Gussrohr mit PUR-Beschichtung (Steckverbindung) d = 300mm

$2000\text{m} \cdot 165.- / \text{m} = 330000.-$ (Preise exkl. MWSt, gemäss von Roll-Katalog)

Gesamtkosten Variante 1

Definitive Pumpenwahl

Druckverlust pumpenseitig	2.3bar	=	23m
Druckverlust Druckleitung d=200	4.7bar	=	47m
Erforderlicher Druck im Gebäude	6.0bar	=	60m
Geotätische Höhe			2.5m
Total			132.5m

Nach dem Vergleichen der verschiedenen Pumpenkennlinien fällt unsere Wahl auf den **Typ NK 100-315 mit Laufraddurchmesser 330mm.**

Die Pumpe hat eine Leistungsaufnahme von 146kW, der Motor einen Wirkungsgrad von 0.95.

Stromkosten

Die Pumpe ist von Montag bis Freitag täglich 16 Stunden in Betrieb. 14 Stunden zum Hochtarif von 18.94Rp/kWh und 2 Stunden zum Niedertarif von 11.41Rp/kWh.

$$\text{jährliche Kosten} = 255 \text{Tage} \cdot \frac{146 \text{kW}}{0.95} (14 \text{h} \cdot 18.94 \text{Rp/kWh} + 2 \text{h} \cdot 11.41 \text{Rp/kWh}) = \underline{112858 \text{Fr}}$$

Investitionskosten

$$\text{Investitionskosten} = 48494 \text{Fr} + 184000 \text{Fr} = 232494 \text{Fr} + 7.6\% \text{ MWSt} = \underline{250164.5 \text{Fr}}$$

Für den obigen Betrag wird ein Kredit aufgenommen und zu 5% verzinst. Die Laufzeit beträgt 20 Jahre. Pro Jahr werden also $250164.5 \text{Fr} : 20 = 12508.2$ Amortisationskosten zurückbezahlt.

Die Zinsen nehmen mit zunehmender Amortisation ab (Siehe Tabelle S.11).

Rechnen wir nun die Investitionskosten und die gesamten Zinskosten zusammen und dividieren diese durch 20, erhalten wir die durchschnittlichen jährlichen Kosten.

$$\text{durchschnittliche jährliche Kosten} = (250164.5 \text{Fr} + 131335.9 \text{Fr}) : 20 = \underline{19075 \text{Fr}}$$

Jahr	Amortisationskosten [SFr]	Restbetrag [SFr]	Zins [SFr]	Jährliche Kosten [SFr]
1	12508.2	237655.4	12508.2	25016.4
2	12508.2	225147.2	11882.8	24390.9
3	12508.2	212639.0	11257.4	23765.5
4	12508.2	200130.8	10632.0	23140.1
5	12508.2	187622.7	10006.5	22514.7
6	12508.2	175114.5	9381.1	21889.3
7	12508.2	162606.3	8755.7	21263.9
8	12508.2	150098.1	8130.3	20638.5
9	12508.2	137589.9	7504.9	20013.1
10	12508.2	125081.8	6879.5	19387.7
11	12508.2	112573.6	6254.1	18762.3
12	12508.2	100065.4	5628.7	18136.9
13	12508.2	87557.2	5003.3	17511.4
14	12508.2	75049.1	4377.9	16886.0
15	12508.2	62540.9	3752.5	16260.6
16	12508.2	50032.7	3127.0	15635.2
17	12508.2	37524.5	2501.6	15009.8
18	12508.2	25016.4	1876.2	14384.4
19	12508.2	12508.2	1250.8	13759.0
20	12508.2	0.0	625.4	13133.6
Total	250164.5		131335.9	381499.4

Gesamtkosten pro Jahr

Gesamtkosten pro Jahr = 112858Fr + 19075Fr = 131933Fr

Gesamtkosten Variante 2

Definitive Pumpenwahl

Druckverlust pumpenseitig	2.3bar	=	23m
Druckverlust Druckleitung d=200	1.6bar	=	16m
Erforderlicher Druck im Gebäude	6.0bar	=	60m
Geotätische Höhe			2.5m
Total			101.5m

Nach dem Vergleichen der verschiedenen Pumpenkennlinien fällt unsere Wahl auf den **Typ NK 100-315 mit Laufraddurchmesser 309mm.**

Die Pumpe hat eine Leistungsaufnahme von 130kW, der Motor einen Wirkungsgrad von 0.95.

Stromkosten

Die Pumpe ist von Montag bis Freitag täglich 16 Stunden in Betrieb. 14 Stunden zum Hochtarif von 18.94Rp/kWh und 2 Stunden zum Niedertarif von 11.41Rp/kWh.

$$\text{jährliche Kosten} = 255 \text{Tage} \cdot \frac{130 \text{kW}}{0.95} (14 \text{h} \cdot 18.94 \text{Rp/kWh} + 2 \text{h} \cdot 11.41 \text{Rp/kWh}) = \underline{100489.85 \text{Fr}}$$

Investitionskosten

$$\text{Investitionskosten} = 73820 \text{Fr} + 262000 \text{Fr} = 335820 \text{Fr} + 7.6\% \text{ MWSt} = \underline{361342.3 \text{Fr}}$$

Für den obigen Betrag wird ein Kredit aufgenommen und zu 5% verzinst. Die Laufzeit beträgt 20 Jahre. Pro Jahr werden also $361342.3 \text{Fr} : 20 = 18067.1$ Amortisationskosten zurückbezahlt.

Die Zinsen nehmen mit zunehmender Amortisation ab (Siehe Tabelle S.11).

Rechnen wir nun die Investitionskosten und die gesamten Zinskosten zusammen und dividieren diese durch 20, erhalten wir die durchschnittlichen jährlichen Kosten.

$$\text{durchschnittliche jährliche Kosten} = (361342.3 \text{Fr} + 189704.7 \text{Fr}) : 20 = \underline{27552.4 \text{Fr}}$$

Jahr	Amortisationskosten [SFr]	Restbetrag [SFr]	Zins [SFr]	Jährliche Kosten [SFr]
1	18067.1	343275.2	18067.1	36134.2
2	18067.1	325208.1	17163.8	35230.9
3	18067.1	307141.0	16260.4	34327.5
4	18067.1	289073.9	15357.0	33424.2
5	18067.1	271006.7	14453.7	32520.8
6	18067.1	252939.6	13550.3	31617.5
7	18067.1	234872.5	12647.0	30714.1
8	18067.1	216805.4	11743.6	29810.7
9	18067.1	198738.3	10840.3	28907.4
10	18067.1	180671.2	9936.9	28004.0
11	18067.1	162604.0	9033.6	27100.7
12	18067.1	144536.9	8130.2	26197.3
13	18067.1	126469.8	7226.8	25294.0
14	18067.1	108402.7	6323.5	24390.6
15	18067.1	90335.6	5420.1	23487.3
16	18067.1	72268.5	4516.8	22583.9
17	18067.1	54201.3	3613.4	21680.5
18	18067.1	36134.2	2710.1	20777.2
19	18067.1	18067.1	1806.7	19873.8
20	18067.1	0.0	903.4	18970.5
Total	361342.3		189704.7	551047.0

Gesamtkosten pro Jahr

$$\text{Gesamtkosten pro Jahr} = 100489.85\text{Fr} + 27552.4 = \underline{\underline{128042.2\text{Fr}}}$$

Gesamtkosten Variante 3

Definitive Pumpenwahl

Druckverlust pumpenseitig	0.12bar	=	1.2m
Druckverlust Druckleitung d=200	0.65bar	=	6.5m
Erforderlicher Druck im Gebäude	6.0bar	=	60m
Geotätische Höhe			2.5m
Total			70.2m

Nach dem Vergleichen der verschiedenen Pumpenkennlinien fällt unsere Wahl auf den **Typ NK 200-500 mit Laufraddurchmesser 465mm.**

Die Pumpe hat eine Leistungsaufnahme von 90kW, der Motor einen Wirkungsgrad von 0.95.

Stromkosten

Die Pumpe ist von Montag bis Freitag täglich 16 Stunden in Betrieb. 14 Stunden zum Hochtarif von 18.94Rp/kWh und 2 Stunden zum Niedertarif von 11.41Rp/kWh.

$$\text{jährliche Kosten} = 255 \text{Tage} \cdot \frac{90 \text{kW}}{0.95} (14 \text{h} \cdot 18.94 \text{Rp/kWh} + 2 \text{h} \cdot 11.41 \text{Rp/kWh}) = \underline{69570 \text{Fr}}$$

Investitionskosten

$$\text{Investitionskosten} = 73820 \text{Fr} + 330000 \text{Fr} = 403820 \text{Fr} + 7.6\% \text{ MWSt} = \underline{434510.3 \text{Fr}}$$

Für den obigen Betrag wird ein Kredit aufgenommen und zu 5% verzinst. Die Laufzeit beträgt 20 Jahre. Pro Jahr werden also $434510.3 \text{Fr} : 20 = 21725.5$ Amortisationskosten zurückbezahlt.

Die Zinsen nehmen mit zunehmender Amortisation ab (Siehe Tabelle S.11).

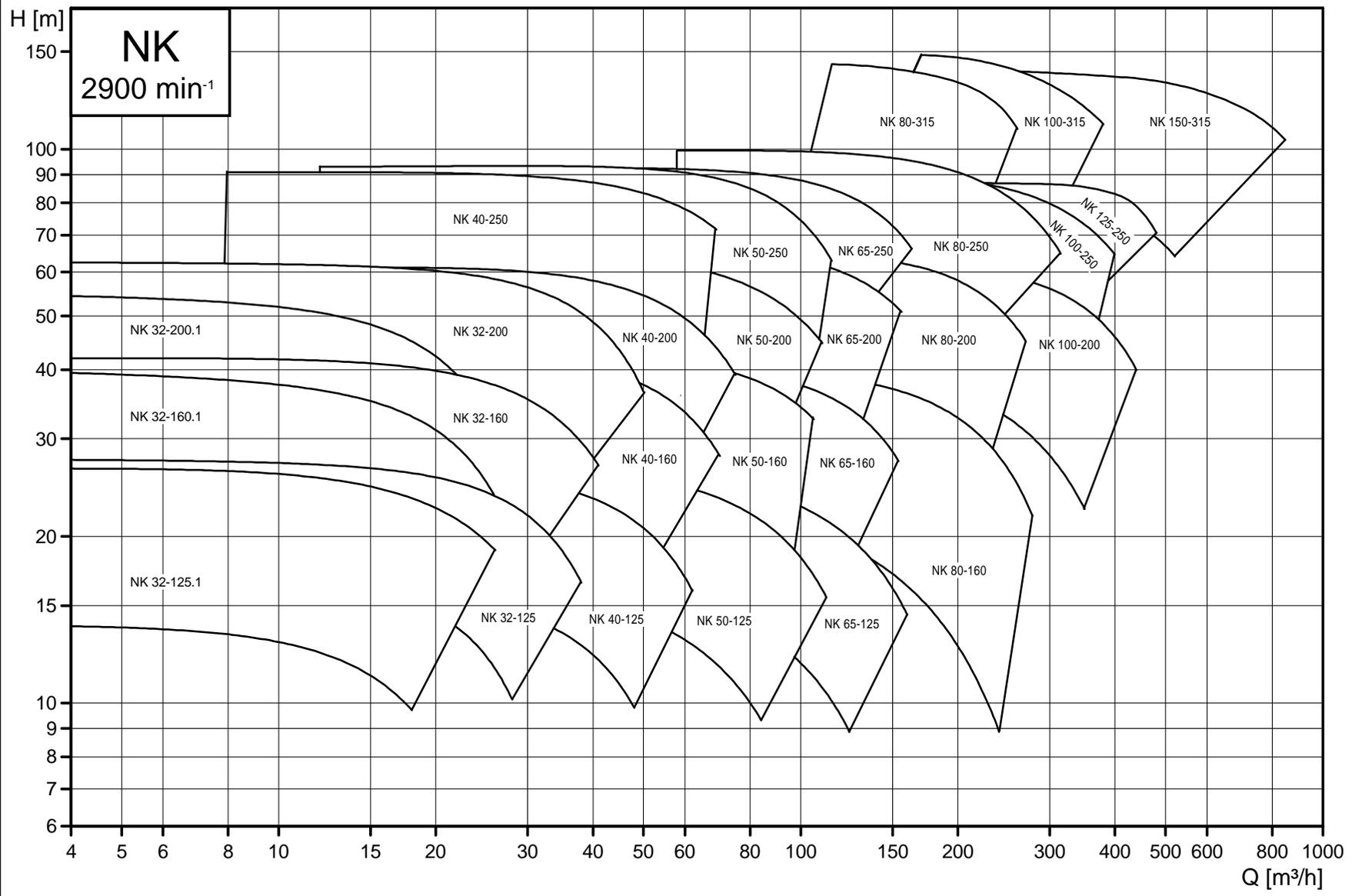
Rechnen wir nun die Investitionskosten und die gesamten Zinskosten zusammen und dividieren diese durch 20, erhalten wir die durchschnittlichen jährlichen Kosten.

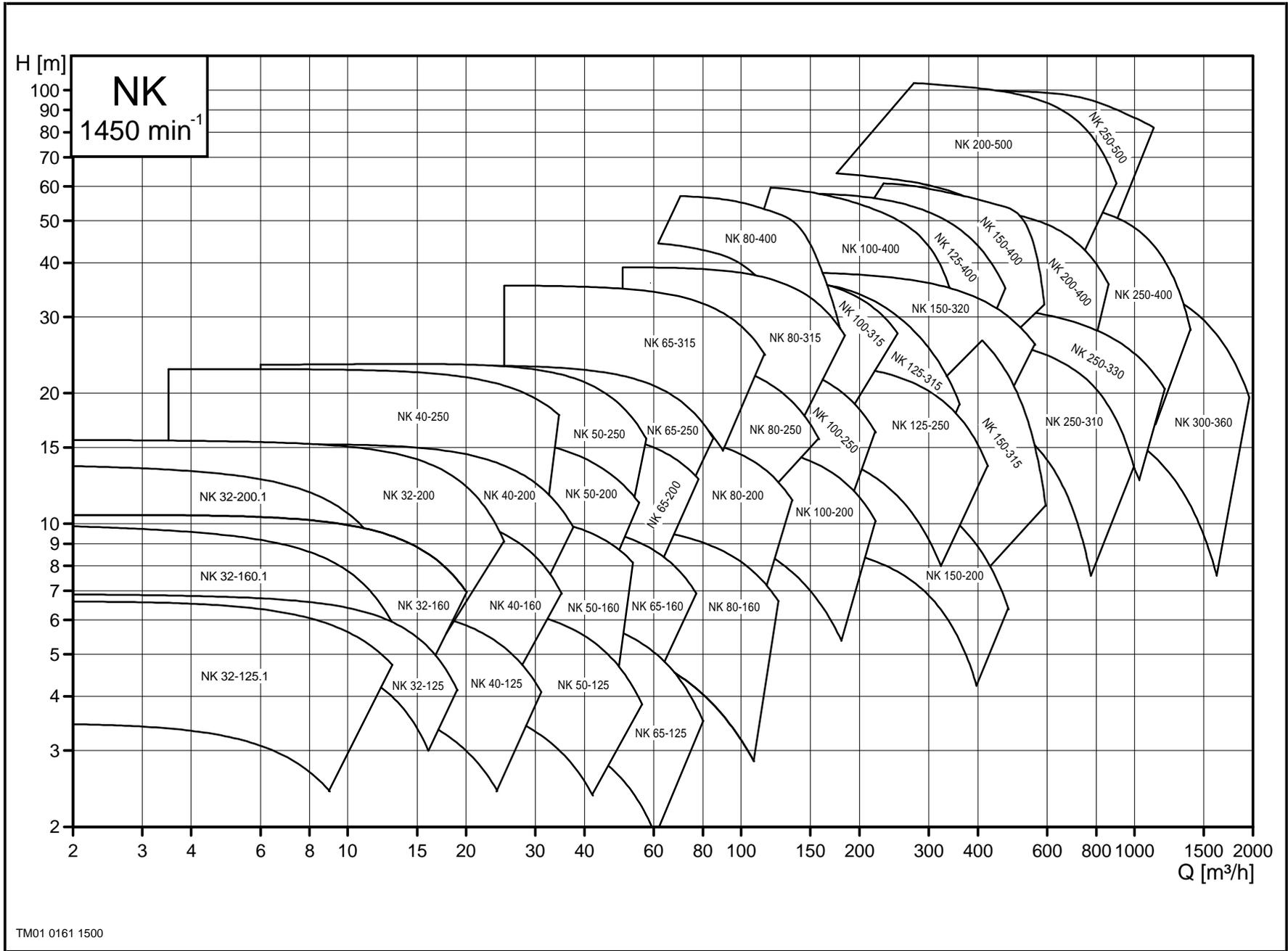
$$\text{durchschnittliche jährliche Kosten} = (434510.3 \text{Fr} + 228117.9 \text{Fr}) : 20 = \underline{33131.4 \text{Fr}}$$

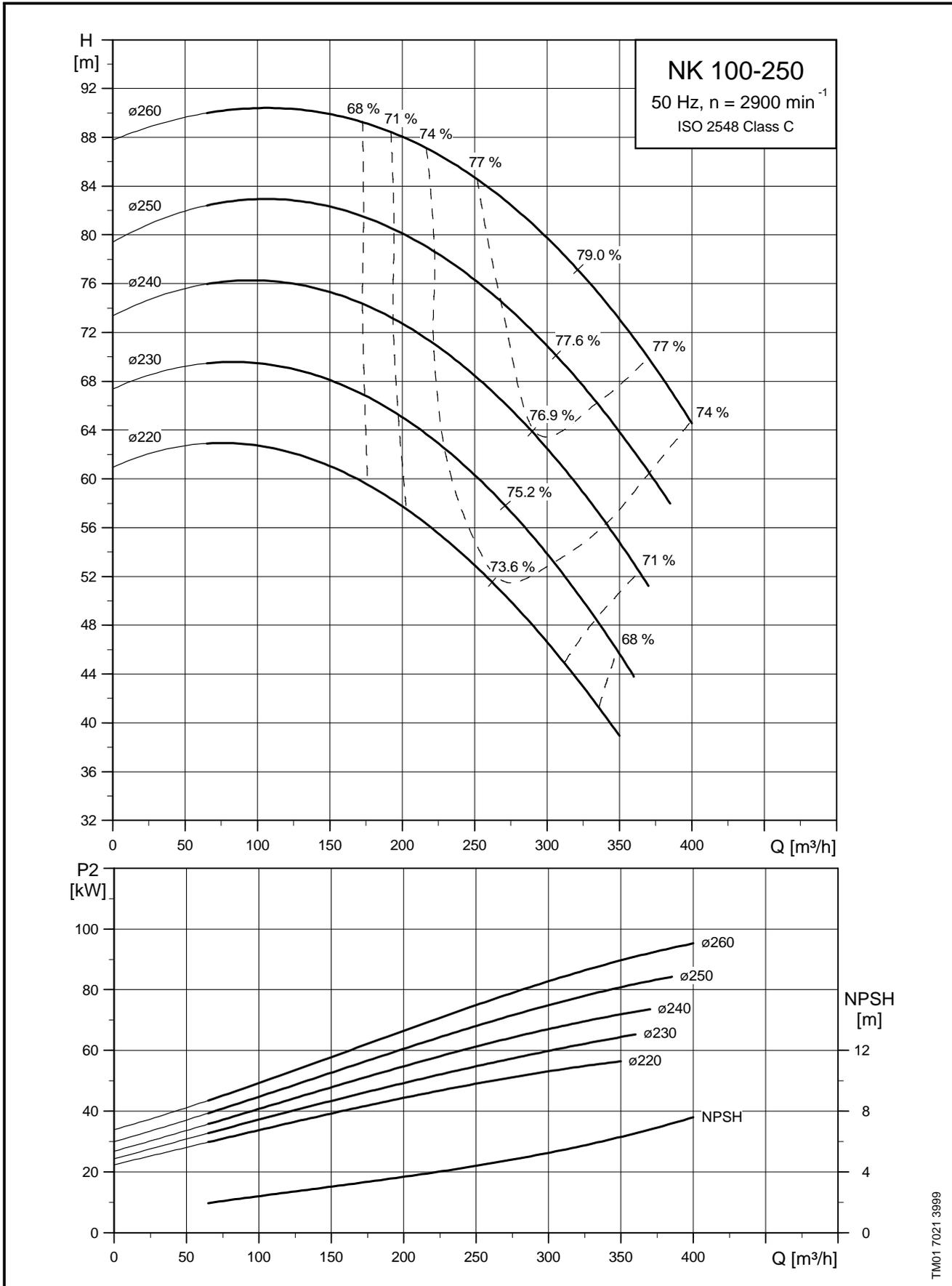
Jahr	Amortisationskosten [SFr]	Restbetrag [SFr]	Zins [SFr]	Jährliche Kosten [SFr]
1	21725.5	412784.8	21725.5	43451.0
2	21725.5	391059.3	20639.2	42364.8
3	21725.5	369333.8	19553.0	41278.5
4	21725.5	347608.3	18466.7	40192.2
5	21725.5	325882.7	17380.4	39105.9
6	21725.5	304157.2	16294.1	38019.7
7	21725.5	282431.7	15207.9	36933.4
8	21725.5	260706.2	14121.6	35847.1
9	21725.5	238980.7	13035.3	34760.8
10	21725.5	217255.2	11949.0	33674.5
11	21725.5	195529.6	10862.8	32588.3
12	21725.5	173804.1	9776.5	31502.0
13	21725.5	152078.6	8690.2	30415.7
14	21725.5	130353.1	7603.9	29329.4
15	21725.5	108627.6	6517.7	28243.2
16	21725.5	86902.1	5431.4	27156.9
17	21725.5	65176.5	4345.1	26070.6
18	21725.5	43451.0	3258.8	24984.3
19	21725.5	21725.5	2172.6	23898.1
20	21725.5	0.0	1086.3	22811.8
Total	434510.3		228117.9	662628.2

Gesamtkosten pro Jahr

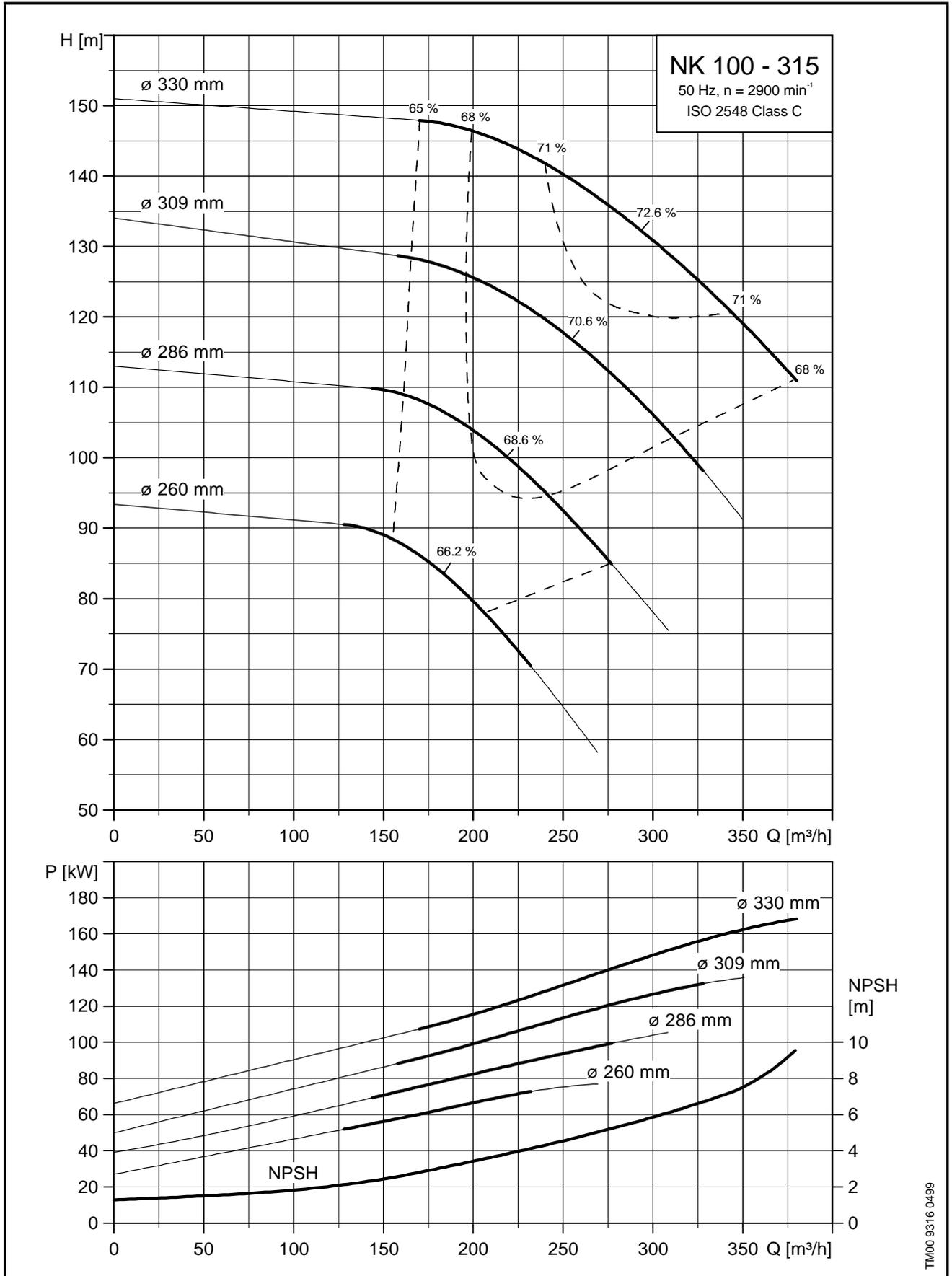
$$\text{Gesamtkosten pro Jahr} = 69570\text{Fr} + 33131.4\text{Fr} = \underline{\underline{102701\text{Fr}}}$$



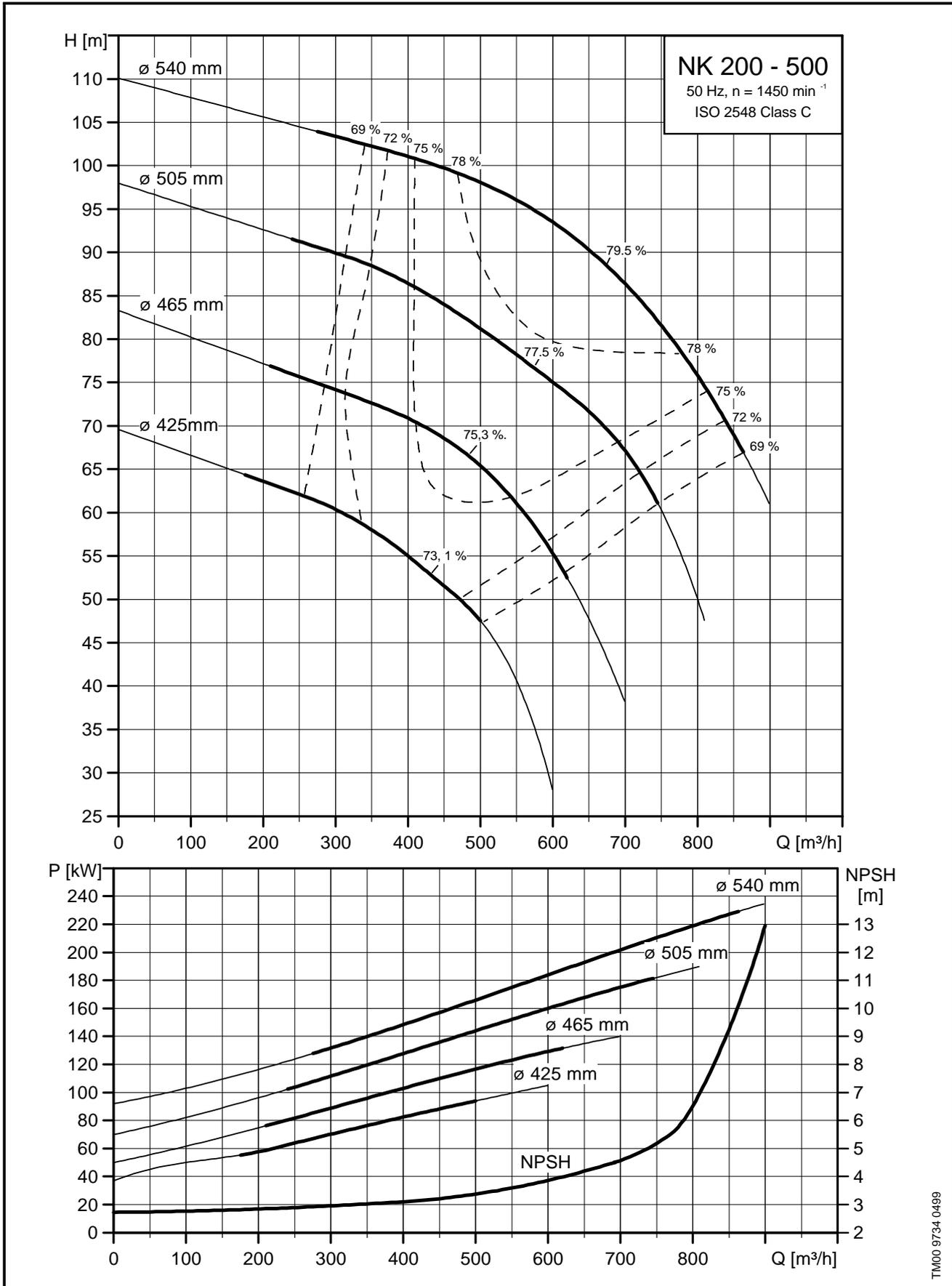




TM01 7021 3999



TM00 9316 0499



TM00 9734 0499