

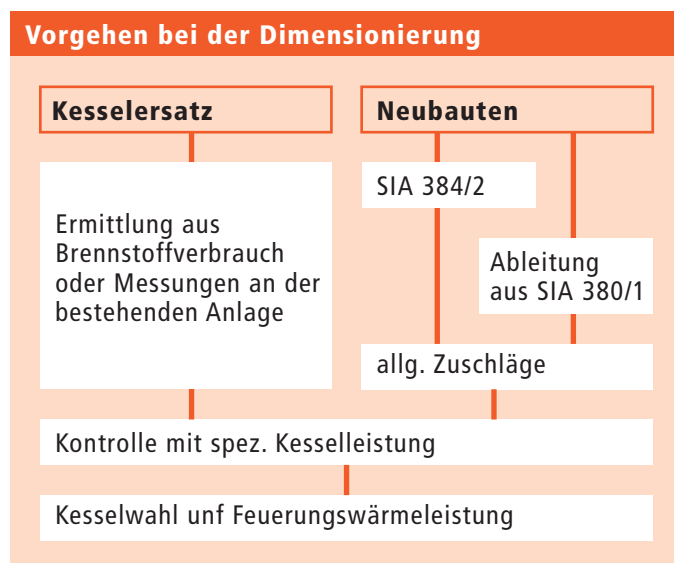
Dimensionierung von Öl- und Gas-Heizkesseln

1 Einleitung

Die korrekte Dimensionierung von Öl- und Gas-Heizkesseln und eine auf den Bedarf abgestimmte Feuerungswärmeleistung ermöglichen einen energiegerechten Betrieb von Heizanlagen. Sie bilden einen wichtigen Beitrag an die rationelle Energienutzung in Gebäuden. Dieses Merkblatt richtet sich vor allem an Fachleute der Heizungsbranche.

2 Vorgehen

Das untenstehende Schema zeigt das Vorgehen für die Dimensionierung von Heizkesseln in bestehenden Gebäuden und Neubauten.



3 Kesslersatz

Bei einem Kesslersatz kann die notwendige Kesselleistung entweder auf der Basis des **durchschnittlichen Jahres-Brennstoffverbrauchs mehrerer Jahre** oder durch **Auslastungsmessungen** an der bestehenden Anlage bestimmt werden.

3.1 Ermittlung der Kesselleistung aus dem Brennstoffverbrauch

Die erforderliche Kesselleistung kann nach Weiersmüller [1] aufgrund des jährlichen Brennstoffverbrauchs mit nachfolgenden Formeln berechnet werden. Sie entsprechen dem Diagramm bzw. der Bemessungsscheibe nach Weiersmüller. Die Berechnungen basieren auf 20 °C Raumlufttemperatur. Sie ergeben speziell für Wohnbauten mit Kesselleistungen bis 100 kW gute Resultate. Für grössere Leistungen sollte nach Kap. 3.2 vorgegangen werden.

Mittelland

Mit Warmwasser¹⁾

$$\dot{Q}_{k, \text{erf.}} = \frac{\text{Verbrauch}^{3)}}{300}$$

Ohne Warmwasser²⁾

$$\dot{Q}_{k, \text{erf.}} = \frac{\text{Verbrauch}^{3)}}{265}$$

Über 800 m ü.M.

Mit Warmwasser¹⁾

$$\dot{Q}_{k, \text{erf.}} = \frac{\text{Verbrauch}^{3)}}{330}$$

Ohne Warmwasser²⁾

$$\dot{Q}_{k, \text{erf.}} = \frac{\text{Verbrauch}^{3)}}{295}$$

$\dot{Q}_{k, \text{erf.}}$ = erforderliche Kesselleistung [kW]

¹⁾ Warmwasserbereitung ganzjährig mit Kessel

²⁾ Warmwasserbereitung ganzjährig elektrisch

³⁾ in Liter Öl (1 kg Öl entspricht ca. 1.19 Liter)
 (1 Betriebs-m³ Gas entspricht ca. 0.93 Liter Öl)

Berechnungsbeispiel

Objekt: MFH (Mittelland), Energiebezugsfläche EBF 400 m², gut wärmegeklämmt, mit ganzjähriger Wassererwärmung. Der durchschnittliche Jahresverbrauch beträgt 5280 Liter Öl.

$$\dot{Q}_{k, \text{erf.}} = \frac{5280}{300} = 17.6 \text{ kW}$$

Die erforderliche Kesselleistung beträgt somit rund **18 kW**. Zur Kontrolle kann die spezifische Kesselleistung verwendet werden.

$$\frac{18\,000 \text{ W}}{400 \text{ m}^2} = 45 \text{ W/m}^2$$

Die errechneten 45 W/m² liegen im Bereich für *gut wärmegeklämmt bestehende Wohnhäuser* und sind damit bestätigt (Vergleiche Kap. 6).

Es gilt zu beachten, dass diese Formeln auf Wohnbauten zugeschnitten sind, die mit einer üblichen Wärmedämmung und einer Heizkesselanlage mit einem Jahreswirkungsgrad zwischen 70 und 85% ausgerüstet sind. Bei bestehenden Kesseln mit **extrem schlechten Wirkungsgraden** (< 70%) kann die Berechnung zu einer **Überdimensionierung** führen.

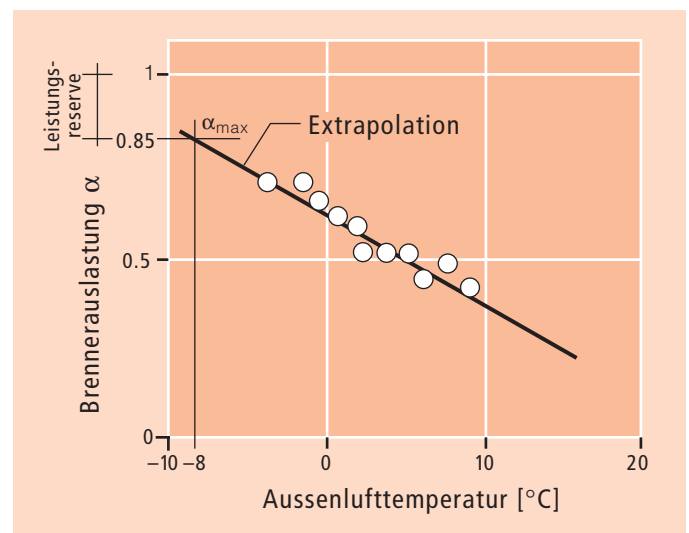
In folgenden Fällen liefern die Formeln nur ungenaue Resultate, zusätzlich sind Abklärungen über allfällige Korrekturen nötig (vgl. auch Kap. 5):

- Grosser Warmwasserverbrauch (z.B. in Grossküchen, Sportanlagen)
- Überdurchschnittliche Wärmegewinne durch Sonne (Passivsolarhäuser), Elektrogeräte usw.
- Zeitlich eingeschränkte Nutzung
- Temperaturabsenkung über das Wochenende
- Lüftungs- und Klimaanlage
- Prozesswärme

Für komplexe sowie grössere Anlagen (> 100 kW) wird eine Auslastungsmessung bzw. das Aufnehmen einer Energiekennlinie [2] empfohlen.

3.2. Auslastungsmessungen

Auslastungsmessungen an der alten betriebstüchtigen Anlage ergeben differenziertere Angaben für die Dimensionierung von Heizkesseln (Energiekennlinie). Dies speziell in Fällen, bei denen die Ermittlung der Kesselleistung aus dem jährlichen Brennstoffverbrauch nicht geeignet ist. Um eine genauere Aussage machen zu können, sollte während rund zweier Wochen die **Brennerauslastung** (α) in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur aufgenommen werden, wobei die Aussenlufttemperatur in einem möglichst weiten Bereich schwanken sollte (z.B. -5 bis +10°C). Diese Methode kommt vor allem **in grösseren Gebäuden mit Anlagen > 100 kW** wie Schulen, Spitälern, Industriebauten, Verwaltungsgebäuden usw. zur Anwendung. Das detaillierte Vorgehen kann der Publikation *Dimensionieren und Auswählen von Heizkesseln* [2] entnommen werden.



Energiekennlinie aus Auslastungsmessungen

Das vorangehende Beispiel stellt die gemessene Brennerauslastung einer gut dimensionierten Anlage dar. Sie hat auch bei sehr tiefen Aussenlufttemperaturen noch eine Leistungsreserve von 15% für das Wiederaufheizen nach einer längeren Absenkerperiode. Diese Reserve ist genügend, da bei extremen Kälteeinbrüchen allenfalls auf die Absenkerphase verzichtet werden kann. Für komplexe Gebäude siehe Kap. 5.

4.1 Heizleistungsbedarf nach Empfehlung SIA 384/2 Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden [3]

Mit dieser Methode wird für Neubauten oder bei umfassenden wärmetechnischen Gebäudesanierungen der Heizleistungsbedarf jedes beheizten Raums einzeln ermittelt. Die Berechnungen sind für die Dimensionierung der Heizkörper oder der Fussbodenheizung unerlässlich. Aus den einzelnen Räumen wird der Heizleistungsbedarf des gesamten Gebäudes bestimmt.

$$\dot{Q}_{t,a} = \sum (k_a \cdot A_a) \cdot (t_i - t_a)$$

$$\dot{Q}_{t,u} = \sum (k_u \cdot A_u) \cdot (t_i - t_u)$$

$$\dot{Q}_{t,E} = \sum (k_E \cdot A_E) \cdot (t_i - t_E)$$

$$\dot{Q}_l = f \cdot 0.3 \cdot V \cdot (t_i - t_a)$$

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_{t,a} + \dot{Q}_{t,u} + \dot{Q}_{t,E} + \dot{Q}_l$$

\dot{Q}_h = Heizleistungsbedarf [W]

$\dot{Q}_{t,a}$ = Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen Aussenluft [W]

$\dot{Q}_{t,u}$ = Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen unbeheizt [W]

$\dot{Q}_{t,E}$ = Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen Erdreich [W]

\dot{Q}_l = Lüftungs-Wärmeleistungsbedarf [W]

$k_{a,u,E}$ = Wärmedurchgangskoeffizient gegen aussen, unbeheizt, Erdreich [W/m²K]

V = beheiztes Gebäudevolumen [m³]

$A_{a,u,E}$ = Fläche des Bauteils [m²]

f = Faktor für Luftdichte und spez. Wärmekapazität:

Mittelland 0.32

1000 m ü.M. 0.30

2000 m ü.M. 0.26

0.3 = Luftwechselzahl [h⁻¹]

t_i = Raumlufttemperatur [°C]

t_a = massgebende Aussenlufttemperatur [°C]

t_u = Temp. Raum unbeheizt*

t_E = Temp. Erdreich*

* Es sind die Temperaturen gemäss SIA 384/2 einzusetzen.

4.2 Ableitung des Heizleistungsbedarfs aus Empfehlung SIA 380/1 Energie im Hochbau [3]

Ist der Heizenergiebedarf Q_h nach SIA 380/1 ermittelt worden, kann mit den dabei bestimmten Grundlagedaten (k-Werte und zugehörige Flächenauszüge sowie das beheizte Gebäudevolumen) der Heizleistungsbedarf \dot{Q}_h des Gebäudes einfach bestimmt werden.

Hinweis:

Für die korrekte Dimensionierung der Heizkörper oder Fussbodenheizung ist eine Berechnung nach SIA 384/2 unerlässlich. Allfällige Lüftungsanlagen müssen ebenfalls gemäss SIA 384/2 berücksichtigt werden.

Berechnungsbeispiel

Objekt: EFH massiv, Energiebezugsfläche EBF 180 m², beheiztes Volumen 360 m³, $Q_h = 204$ MJ/m²a, ohne Wassererwärmung, Standort Bern.

Flächen

| | |
|---|-------------------------|
| • 110 m ² Dach | 0.25 W/m ² K |
| • 120 m ² Aussenmauer | 0.30 W/m ² K |
| • 30 m ² Fenster inkl. Rahmen | 1.60 W/m ² K |
| • 90 m ² Boden gegen unbeheizt | 0.40 W/m ² K |
| • 30 m ² Mauer gegen Erdreich | 0.40 W/m ² K |

k-Wert

Auslegungstemperaturen gemäss SIA 384/2

| | |
|---------------------------------|---------------|
| • Raumlufttemperatur | $t_i = 20$ °C |
| • Aussenlufttemperatur | $t_a = -8$ °C |
| • Temp. Garage/Keller unbeheizt | $t_u = 5$ °C |
| • Temperatur Erdreich | $t_E = 0$ °C |

Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen **Aussenluft:**

$$\dot{Q}_{t,a} = [(0.25 \cdot 110) + (0.3 \cdot 120) + (1.6 \cdot 30)] \cdot [20 - (-8)] = \mathbf{3122 \text{ W}}$$

Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen **unbeheizt:**

$$\dot{Q}_{t,u} = (0.4 \cdot 90) \cdot (20 - 5) = \mathbf{540 \text{ W}}$$

Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen **Erdreich:**

$$\dot{Q}_{t,E} = (0.4 \cdot 30) \cdot (20 - 0) = \mathbf{240 \text{ W}}$$

Wärmeleistungsbedarf für die **Lüftung:**

$$\dot{Q}_l = (0.32 \cdot 0.3 \cdot 360) \cdot [20 - (-8)] = \mathbf{968 \text{ W}}$$

Der **gesamte Heizleistungsbedarf** des Gebäudes errechnet sich wie folgt:

$$\dot{Q}_h = 3122 + 540 + 240 + 968 = \mathbf{4870 \text{ W}}$$

Die Zuschläge für Aufheizung und Verluste der Wärmeverteilung betragen 15% (vergleiche Kapitel 5); somit resultiert als **erforderliche Kesselleistung**

$$\dot{Q}_{k, \text{erf.}} = 4870 \text{ W} \cdot 1.15 = \mathbf{5600 \text{ W}}$$

Die spezifische Kesselleistung errechnet sich wie folgt:

$$\frac{5600 \text{ W}}{180 \text{ m}^2} = \mathbf{31 \text{ W/m}^2}$$

Zur **Kontrolle** vergleiche Angaben in Kapitel 6.

4 | 5 Allgemeine Zuschläge zur Heizleistung \dot{Q}_h

Unter den allgemeinen Zuschlägen wird folgendes verstanden:

- Wärmeleistung für die Wassererwärmung
- Reserve für Wiederaufheizung nach Raumlufttemperaturabsenkung
- Deckung der Verluste der Wärmeverteilung
- Wärmeleistung für Lüftungstechnische Anlagen oder für Prozesswärme

Wohngebäude:

In der Regel wird für die Wassererwärmung in Wohngebäuden kein Zuschlag gemacht. In Einfamilienhäusern sollte der Inhalt des Wassererwärmers mindestens einen Tagesbedarf abdecken, so dass während der Nacht bei abgesenktem Heizbetrieb die Aufheizung erfolgen kann. In grösseren Mehrfamilienhäusern kann aus Platzgründen meist kein Tagesbedarf gespeichert werden. Der Wärmetauscher des Wassererwärmers ist dann gemäss Norm SIA 384/1 *Zentralheizungen* [3] so auszulegen, dass die Aufwärmung des Speichers innerhalb einer Stunde erfolgen kann. Während der Aufwärmung erfolgt kein Heizbetrieb, da in dieser Zeit ohne Komforteinbusse auf diesen verzichtet werden kann. Es ist deshalb auch in Mehrfamilienhäusern normalerweise kein Zuschlag für die Wassererwärmung notwendig.

Eine Absenkung der Raumlufttemperatur, oder noch besser eine Abschaltung der Heizanlage während der Nachtstunden, ist sinnvoll. Für das Wiederaufheizen ist in Wohngebäuden jedoch kein nennenswerter Zuschlag zur Heizleistung notwendig, denn in den meisten Fällen besitzen auch knapp dimensionierte Heizkessel eine Leistungsreserve, da der Luftwechsel, vor allem bei sehr tiefen Aussenlufttemperaturen, kleiner ist als für die Berechnung nach SIA 384/2 vorgegeben. Zudem sind heute Heizungsregler erhältlich, die ein Schnellaufheizen mit vorübergehendem Anheben der Vorlauftemperatur ermöglichen.

Hinweis:

In Wohngebäuden ist ein Zuschlag zur berechneten Heizleistung von 10 bis 15% für das Aufheizen und das Decken der Wärmeverteilverluste ausreichend.

Dienstleistungsgebäude:

Die meisten Dienstleistungsgebäude haben fast immer einen geringen Bedarf an Warmwasser. Ein diesbezüglicher Leistungszuschlag ist deshalb nicht notwendig. Bei Gebäuden mit grossem Warmwasserbedarf wie z.B. in Hallenbädern oder Restaurants ist jedoch eine detaillierte Berechnung mit Berücksichtigung der Tagesbedarfskurven notwendig. Daraus lassen sich dann entsprechende Leistungszuschläge ableiten.

Bei Gebäuden mit speziellen Verhältnissen (sehr lange Betriebsunterbrüche, hochwärmegedämmte Gebäudehülle) ist der Zuschlag für das Wiederaufheizen de-tailliert zu bestimmen. Allfällige Zuschläge für Lüftungs- und Klima-

Hinweis:

Liegen keine speziellen Verhältnisse vor, ist in Dienstleistungsgebäuden ein Zuschlag zur berechneten Heizleistung von 10 bis 15% für das Aufheizen und das Decken der Wärmeverteilverluste in der Regel ausreichend.

anlagen sowie für Prozesswärme sind separat zu berechnen.

Für herkömmliche Wohn- sowie Nichtwohnbauten kann die notwendige Kesselleistung somit wie folgt bestimmt werden:

$$\dot{Q}_{k, \text{ erf. }} = (1.10 \text{ bis } 1.15) \cdot \dot{Q}_h$$

$\dot{Q}_{k, \text{ erf. }}$ = erforderliche Kesselleistung [kW]

\dot{Q}_h = Heizleistungsbedarf [kW]

Zur Kontrolle der Resultate kann die spezifische Kesselleistung herangezogen werden. Sie errechnet sich aus der Kesselleistung dividiert durch die Energiebezugsfläche (beheizte Bruttogeschossfläche):

| Gebäudetyp | W/m2 |
|--|-----------|
| Herkömmlich wärmegeämmte Wohnhäuser | 50 ... 70 |
| Gut wärmegeämmte bestehende Wohnhäuser | 40 ... 50 |
| Neubauten gemäss heutigen Vorschriften | 30 ... 40 |
| Herkömmliche Dienstleistungsbauten | 60 ... 80 |

Hinweis:

Die spez. Kesselleistung kann nur als grobes Kontrollinstrument eingesetzt werden. Die Dimensionierung sollte prinzipiell nach den vorgängig beschriebenen Methoden erfolgen.

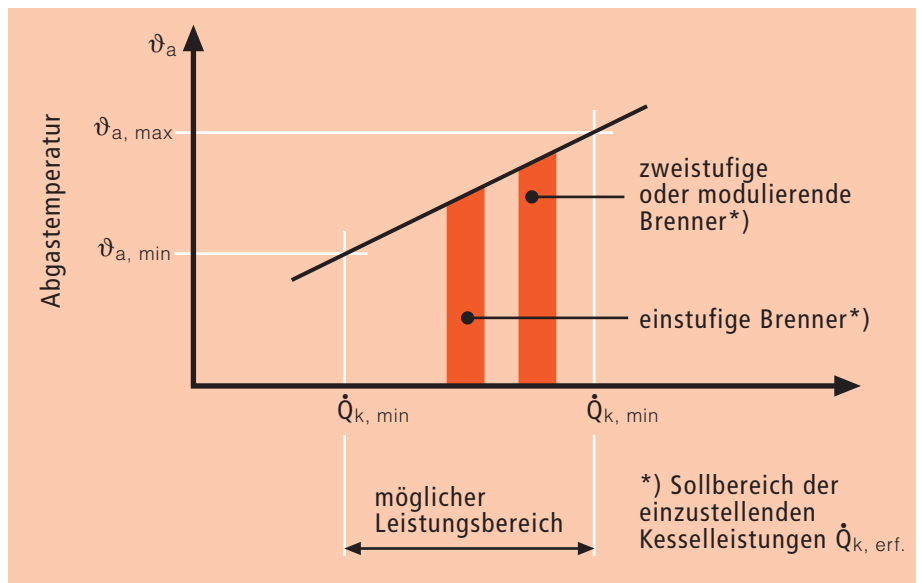
Jeder Heizkessel hat einen bestimmten zulässigen Leistungsbereich. Der Heizkessel soll so gewählt werden, dass die Leistung nach einer allfälligen wärmetechnischen Verbesserung der Gebäudehülle noch reduziert werden kann (25 bis 30%). Dabei ist aus energetischer Sicht dem Kessel mit den tiefsten Abgas- und Bereitschaftsverlusten der Vorrang zu geben [4].

In Neubauten mit Gasanschluss sind grundsätzlich kondensierende Kessel (Brennwertkessel) einzusetzen. Dies gilt auch beim Ersatz bestehender Gaskessel, sofern nicht höhere Vorlauftemperaturen als 70 °C nötig sind. In verschiedenen Kantonen ist dies bereits gesetzlich vorgeschrieben. Gegenüber konventionellen Gaskesseln haben kondensierende Geräte eine rund 10% bessere Brennstoffausnutzung.

Zur Bestimmung der Feuerungswärmeleistung \dot{Q}_f (Brennerleistung) gilt:

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_{k, \text{erf.}} \cdot 1/\eta_k$$

- \dot{Q}_f = einzustellende Feuerungswärmeleistung [kW]
- $\dot{Q}_{k, \text{erf.}}$ = erforderliche Kesselleistung [kW]
- η_k = Kesselwirkungsgrad [-]



Abgastemperaturdiagramm

In der Praxis kann die Feuerungswärmeleistung wie folgt bestimmt werden:

- Nicht kondensierende Kessel: $\dot{Q}_f \approx \dot{Q}_{k, \text{erf.}} \cdot 1.1$
- Kondensierende Kessel: $\dot{Q}_f \approx \dot{Q}_{k, \text{erf.}} \cdot 1.0$

Bei der Inbetriebnahme des Kessels ist sicherzustellen, dass die Feuerungswärmeleistung auf den ermittelten Leistungsbereich eingestellt wird und nicht generell auf die Kesselnennleistung.

Die konsequente Dämmung der Wärmeverteilungen, unter Beachtung der kantonalen Vorschriften, ergibt eine zusätzliche Leistungsreserve.

Die eingestellte Feuerungswärmeleistung sollte in der Betriebsdokumentation eingetragen oder auf dem Brenner dauerhaft angegeben werden. Mit einem Öldurchflusszähler lässt sich die Feuerungswärmeleistung auf einfache Weise nachkontrollieren.

Zum Thema Dimensionierung von Wärmeerzeugern sind weitere Merkblätter erhältlich [5].

- [1] Weiersmüller R.: *Abbau der Energieverschwendung*. Anpassung der Kesselleistung mit der Bemessungsscheibe, Schweiz. Ingenieur und Architekt, 27-28/1980.
- [2] *Dimensionieren und Auswählen von Heizkesseln* Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1988.
Bezugsquelle:
Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern.
Bestell. Nr. 724.617 d, Fax 031 322 39 75.
- [3] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein:
• Empfehlung 380/1 *Energie im Hochbau*, 1988
• Norm 384/1 *Zentralheizungen*, 1991
• Empfehlung 384/2 *Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden*, 1982
Bezugsquelle: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Postfach, 8039 Zürich.
Tel. 01 283 15 60.
- [4] *Typengeprüfte Gebläsebrenner, Heizkessel und Wassereerwärmer*.
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
Bezugsquelle:
Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern.
Bestell. Nr. 319.600 d, Fax 031 322 39 75.
- [5] Bundesamt für Energie, Bern
Merkblätter:
Dimensionierung von Wärmepumpen
Bestell. Nr. 805.161.1 d
Dimensionierung von Holz-Zentralheizungen
Bestell. Nr. 805.161.2 d
Dimensionierung von Sonnenkollektoranlagen
Bestell. Nr. 805.161.3 d
Bezugsquelle: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern, Fax 031 322 39 75