

3 Benutzeranleitung

3.1 Form der Eingabe

3.1.1 Vorbereitung

Um eine Rechnung mit DimBo durchführen zu können, muss zunächst eine schematische Darstellung der Anlage, ein Schaltbild, erstellt werden (siehe 2.2).

In dem Schaltbild werden die zu berücksichtigenden Aggregate als Schaltungsabschnitte dargestellt, wobei jeder Stoffstrom eines Aggregats ein Schaltungselement des Abschnitts bildet. Die Stoffstromverbindungen zwischen den Schaltungselementen werden durch Verbindungslinien dargestellt.

In der Schaltung werden die Abschnitte mit Nummern zwischen 1 und 75 gekennzeichnet. Die Stoffströme bzw. Schaltungselemente jedes Abschnitts werden fortlaufend von 1 bis maximal 8 durchnummeriert, wobei die Beschränkungen des Abschnitts 2.2.5 zu beachten sind.

Auf diese Weise erhält jedes Schaltungselement eine sogenannte MSTA-Nummer. Diese dreistellige MSTA-Nummer ist wie folgt aufgebaut:

- 1.-2. Stelle: Abschnittsnummer.
3. Stelle: Stoffstromnummer innerhalb des Abschnitts.

Beispiel: MSTA = 143 --> Abschnitt 14 Stoffstrom 3.

Für jedes Schaltungselement der Schaltung muss die Stoffart und eine Typnummer (siehe 2.2.3 und 2.2.4) festgelegt werden.

Verbindungen zwischen Schaltungselementen entstehen durch Stoffströme, welche aus dem einen Schaltungselement austreten und in das andere Schaltungselement eintreten. Meistens besitzen die Schaltungselemente mindestens einen Eintritt und einen Austritt. Durch mehrere Eintritte können Stoffströme gemischt werden, und durch mehrere Austritte können Stoffströme verzweigt werden. Hat dadurch ein Schaltungselement mehrere Ein- oder Austritte werden diese durch Teilstromnummern unterschieden. Die erste Verbindung erhält die Teilstromnummer 1 und weitere Verbindungen erhalten fortlaufende Teilstromnummern. Bis zu 9 Teilströme sind möglich. Dabei ist es zunächst nicht wichtig, welcher Teilstrom welche Teilstromnummer bekommt; die spätere Ergebnisausgabe wird allerdings meist übersichtlicher, wenn man den Hauptstrom, wenn es einen solchen gibt, mit der Nummer 1 versieht. Denn die Nummerierung entscheidet z.B. über die Reihenfolge der Ausgabe in Ergebnistabellen.

Von den Teilstromnummern wird in der weiteren Dateneingabe Gebrauch gemacht. Auch für die Ergebnisausgabe werden die Teilstromnummern verwendet. Deshalb wird zur

Identifizierung von Stoffströmen eine Kombination von MSTA- und Teilstromnummer, die sogenannte MSTAT-Nummer verwendet. Dazu wird die MSTA-Nummer eines Schaltungselementes um die Teilstromnummer des Stoffstromes ergänzt. Die MSTAT-Nummer ist vierstellig und wie folgt aufgebaut:

- 1.-2. Stelle: Abschnittsnummer.
3. Stelle: Stoffstromnummer innerhalb des Abschnitts.
4. Stelle: Teilstromnummer

Bei Temperaturangaben darf als Teilstromnummer auch die Nummer 0 für den Gesamtstrom verwendet werden. Hierdurch kann z.B. bei einer Mischung die Mischtemperatur angesprochen werden.

Beispiele:

- a) MSTAT = 1432 --> Abschnitt 14 Stoffstrom 3 Teilstrom 2.
- b) MSTAT = 411 --> Abschnitt 4 Stoffstrom 1 Teilstrom 1.
- c) MSTAT = 2220 --> Abschnitt 22 Stoffstrom 2 Gesamtstrom.

Das Schaltbild ist Grundlage der Dateneingabe. Es stellt eine wichtige Unterlage zum Verständnis der Ergebnisse dar.

3.1.2 Eingabedatei

Die Daten für eine Berechnung werden in einer formatierten Eingabedatei abgelegt. Der Aufbau der Eingabedatei ist für den Programmanwender nicht von Bedeutung, weil die Eingabedaten durch das Programm selbst in geeigneter Weise angeordnet werden.

Zum Erstellen oder Verändern der Eingabedatei kann die Benutzungsoberfläche (GUI = Graphical User's Interface) innerhalb des Programms DimBo verwendet werden. Hierbei werden die Eingabedaten in Bildschirmformulare eingetragen. Diese Methode hat folgende Vorteile:

- Die einzelnen Eingabewerte sind in den Bildschirmformularen erläutert.
- Die Anordnung der Daten innerhalb der Eingabedatei übernimmt das GUI. Der Anwender braucht sich um die Datenanordnung nicht zu kümmern und kann sich auf die Dateninhalte konzentrieren.
- Formelle Fehler in der Datendarstellung und gewisse inhaltliche Fehler werden schon beim Erstellen der Daten festgestellt und können daher frühzeitig korrigiert werden.

Die Eingabedaten können aber auch mit einem Editor erstellt oder verändert werden.

Bei der Bearbeitung einer mit dem Editor erstellten oder veränderten Eingabedatei mit Hilfe des GUI werden die Daten möglicherweise anders angeordnet, inhaltlich aber nicht verändert, solange die Datei fehlerfrei ist.

Weist die im Editor erstellte Eingabedatei jedoch formelle Fehler auf, kann sie nur eingeschränkt mit dem GUI bearbeitet werden. In diesem Fall werden die Daten möglicherweise nur unvollständig eingelesen und beim anschließenden Abspeichern der Daten unter demselben Dateinamen können Datenverluste auftreten.

3.2 Eingabebeschreibung

3.2.1 Aufbau der Eingabedatei

Die Eingabedaten bestehen aus folgenden Datenbereichen

- a) Allgemeine Angaben
- b) Aufgabenstellung – Zusammenstellung der Rechnungen und Anfordern von Diagrammen
- c) Nebenbemerkungen
- d) Bezeichnungen der Nutzwärmeblöcke
- e) Schaltung und konstruktive Daten
- f) Analysen der Brennstoffe^{*L2}, Sauerstoffträger, Prozessgase^{*L4} und Zuschlagstoffe^{*L2} und Zuordnung der Stoffarten mit benutzerdefinierten Stoffeigenschaften^{*L4} zu verschiedenen vordefinierten Stoffen.
- g) Druckangaben
- h) Verfahrensparameter
- i) Anfangsmassenströme
- j) Temperaturangaben
- k) Reaktivitätskoeffizienten der Verbrennungsrechnung^{*L2}
- l) Beschreibung von Last- und Verlaufsdiagrammen

Die Datenbereiche a), d) und e) enthalten die Daten der Anlage, die nicht von der Last oder dem Betriebszustand abhängen. Bei den Angaben zur Schaltung im Bereich e) wird die schematische Darstellung der Schaltung (siehe 3.1) in eine numerische Darstellung übergeführt. Bei den konstruktiven Daten ist für jedes Schaltungselement, dessen Wärmeübertragungseigenschaften über konstruktive Daten bestimmt werden, die Geometrie anzugeben.

Im Datenbereich b) wird festgelegt, für welche Lasten und Betriebszustände Rechnungen durchgeführt werden sollen und in welchem Umfang Ergebnisse für diese Rechnungen ausgegeben werden sollen. Außerdem wird festgelegt, welche der im Datenbereich l) beschriebenen Diagramme zu erstellen sind.

Jede einzelne Rechnung kann mit einem Kommentar gekennzeichnet werden. Die Kommentartexte werden im Datenbereich c) abgelegt.

Die Datenbereiche g), h), i) und j) enthalten die lastabhängigen Daten. Jeder dieser Datenbereiche kann mehrfach in der Eingabedatei vorkommen. Zur Unterscheidung erhält jeder der Datenbereiche vom Programmbenutzer eine Nummer. Über diese Nummer kann auf die gewünschten Daten zugegriffen werden. Die erforderlichen Daten hängen von der Schaltung der Anlage ab.

Im Datenbereich f) werden die Analysen aller Stoffströme, die von außen in die Schaltung eintreten, abgelegt. Auch die Analysen werden nummeriert. Über diese Nummern können die gegebenen Analysen für die eintretenden Stoffströme eingesetzt werden. Die Analysedaten sind unabhängig von der Schaltung der Anlage.

Über den Datenbereich k) kann das der Verbrennungsrechnung^{*L2} zugrundeliegende Reaktionsschema (siehe Benutzerhandbuch ComCal, Abschnitt 2.5. und Anhang) beeinflusst werden, indem für die Reaktivitätskoeffizienten des Reaktionsschemas andere Werte als die Standardwerte eingesetzt werden. Die veränderten Koeffizienten werden dann für alle innerhalb der wärmetechnischen Berechnungen durchzuführenden Verbrennungsrechnungen benutzt.

Im Datenbereich l) werden die Diagramme beschrieben, die aus den Berechnungsergebnissen abgeleitet werden sollen. Hier wird festgelegt, für welche Berechnungsgrößen eine graphische Darstellung in Diagrammform gewünscht wird. Diagramme, für welche eine solche Beschreibung vorliegt, können im Datenbereich a) angefordert werden.

3.2.2 Daten für eine Rechnung

Zunächst müssen die lastunabhängigen Daten a), d) und e) vorhanden sein.

Daneben sind die Daten des zu untersuchenden Betriebszustandes (Massenströme und Analysen, Stoffstromzustände und Verfahrensparameter) und die Randbedingungen, die bei der Rechnung eingehalten werden sollen, in den Datenbereichen g) bis j) anzugeben. Dabei muss jeder Datenbereich mindestens einmal existieren. Jeder dieser Datenbereiche erhält durch den Programmbenutzer eine Nummer.

Die Nummern der Datenbereiche g) bis j), die für die Rechnung verwendet werden sollen, sind bei der Aufgabenstellung im Datenbereich b) anzugeben.

Für alle Stoffstromanalysen (Brennstoffe^{*L2}, Gase, Zuschlagstoffe^{*L2}), auf deren Nummer bei den Stoffstromangaben im Bereich i) verwiesen wird, muss im Datenbereich f) eine Analyse mit der entsprechenden Nummer vorhanden sein.

Reaktivitätskoeffizienten^{L2} im Bereich k) müssen nur dann angegeben werden, wenn von den Standardwerten abgewichen werden soll.

3.2.3 Daten für mehrere Rechnungen in einem Datenlauf

Innerhalb eines DimBo-Datenlaufes können mehrere Lastfälle oder Betriebszustände hintereinander berechnet werden.

Die der Rechnung zugrundeliegende Schaltung muss aber für alle Lastfälle übereinstimmen.

Auch die konstruktiven Daten sind für alle Rechnungen gleich, es sei denn, in einer der Rechnungen wird eine Heizflächenauslegung durchgeführt. In diesem Fall werden die durch die Heizflächenauslegung geänderten konstruktiven Daten in die nachfolgenden Rechnungen übernommen.

Unterschiedlich sind die lastabhängigen Daten der verschiedenen Rechnungen. Die lastabhängigen Daten der Rechnungen werden jeweils in eigenen Datenbereichen g) bis j) abgelegt und durch Nummern identifiziert. Im Datenbereich b) können dann Rechnungen zusammengestellt werden, die von den Daten der Bereiche g) bis j) Gebrauch machen. Dazu werden den Rechnungen die Nummern der jeweils zu verwendenden Datenbereiche zugeordnet. Dabei können verschiedene Rechnungen durchaus Datenbereiche mit gleicher Nummer benutzen.

3.2.4 Übergabe von Ergebnissen an eine nachfolgende Rechnung

Im vorherigen Abschnitt wurde erläutert, dass die konstruktiven Daten, die sich bei einer Heizflächenauslegung ändern, in der geänderten Form in den nachfolgenden Rechnungen benutzt werden.

Auch bei den $k \cdot A$ -Werten für die Schaltungselementtypen 501 und 502 (Luftvorwärmer) oder 505 (Wärmetauscher mit vorgegebenem $k \cdot A$ -Wert) ist eine Übergabe der Werte an die nachfolgenden Rechnungen möglich. Bei den Daten der Ausgangsrechnung, deren $k \cdot A$ -Werte übernommen werden sollen, können neben den $k \cdot A$ -Werten auch sogenannte Kennwerte des Wärmetauschers angegeben werden. Diese sind die im Wärmeübergangsgesetz verwendeten Parameter für den Reynolds-Exponenten und das Flächenverhältnis zwischen Primär- und Sekundärstoffstrom. Werden keine Kennwerte angegeben, werden dafür Standardwerte eingesetzt. Wird dann in einer nachfolgenden Rechnung ein $k \cdot A$ -Wert mit dem Wert 0 vorgegeben, so wird der entsprechende $k \cdot A$ -Wert der Ausgangsrechnung übernommen und unter Berücksichtigung der geänderten Massenströme und Stoffzusammensetzungen umgerechnet. Ist nicht nur der $k \cdot A$ -Wert 0 gesetzt, sondern sind auch keine Wärmeverluste für den zugehörigen Wärmetauscher

vorgegeben, so werden auch hierfür die Angaben aus der vorherigen Rechnung übernommen.

Bei den Bewertungsangaben zu den Heizflächen (Verschmutzungsfaktoren und Fouling-Werte) kann die Option gewählt werden, die Werte der vorherigen Rechnung zu verwenden. Das ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn diese Werte zum Zeitpunkt der Dateneingabe noch nicht bekannt sind, sondern erst in der vorherigen Rechnung durch Variation der Parameter ermittelt werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Druckverteilung einer Ausgangsrechnung für eine nachfolgende Rechnung zu übernehmen und umzurechnen. Dazu werden die Drücke der Ausgangsrechnung (siehe 2.4.4) gemeinsam mit den Massenströmen und spezifischen Volumina übergeben und die Druckverluste mit den aktuellen Massenströmen und spezifischen Volumina umgerechnet.

3.2.5 Erstellen von Diagrammen für DimBo-Berechnungsergebnisse

Wir unterscheiden zwei Diagrammtypen, Last- und Verlaufsdiagramme.

Lastdiagramme dienen dazu, einzelne Berechnungsgrößen in Abhängigkeit von anderen Berechnungsgrößen als Funktion darzustellen. Der Funktionsverlauf wird durch Stützpunkte ermittelt, welche sich aus einer Serie von DimBo-Rechnungen für verschiedene Betriebspunkte ergeben. Beispiel: Wirkungsgrad als Funktion der Last.

In Verlaufsdiagrammen werden Stoffstromzustände aus einer Rechnung entlang des Stoffstromverlaufes innerhalb der Schaltung dargestellt. Beispiel: Q-t-Diagramm.

Um Berechnungsergebnisse zu selektieren, mit denen im Anschluss an die Berechnung ein solches Last- oder Verlaufsdiagramm erstellt werden kann, ist in einer entsprechenden Diagrammbeschreibung (Datenbereich I) festzulegen, welche Berechnungsgrößen aus welchen Rechnungen wie dargestellt werden sollen. Um diese Selektion bei einem Programmlauf durchzuführen, sind die gewünschten Diagramme außerdem im Datenbereich b) anzufordern.

Voraussetzung für die Selektion der Berechnungsergebnisse ist, dass die Rechnungen, aus denen Ergebnisse selektiert werden und auf die in den Diagrammbeschreibungen im Datenbereich I) verwiesen wird, auch ausgeführt werden. Wird eine dieser Rechnungen nicht ausgeführt oder mit fehlerhaftem Ergebnis abgebrochen, werden alle Diagramme, die auf diesem Ergebnis aufbauen, nicht erzeugt.

3.3 Hinweise zur Dateneingabe

3.3.1 Dokumentation der Berechnung

Die Texte für Projekt, Kennwort, Bearbeiter, Datum und Hauptbemerkung dienen zur Dokumentation. Sie werden als Kommentar in die Blattüberschriften der Ergebnisdatei übernommen. Diese Texte gelten für alle Rechnungen.

Um verschiedene Revisionsstände der Bearbeitung zu unterscheiden und zuzuordnen, können Informationen (Datum, Erstellt, Geprüft, Beschreibung) zu den Revisionen als Kommentare in den Eingabedaten festgehalten werden.

3.3.2 Modell

3.3.2.1 Schaltung

Für jedes Schaltungselement sind folgende Angaben erforderlich:

- a) MSTA-Nummer (siehe 2.2.2 und 3.1.1).
- b) Bezeichnung. Die Bezeichnung wird als Kommentar in die Ergebnisausgabe übernommen.
- c) Stoffart (siehe 2.2.3).
- d) Strömungsrichtung bei Wärmetauschern (siehe 2.2.7).
- e) Typnummer des Schaltungselementes (siehe 2.2.4).
- f) MSTA-Nummern der ein- und austretenden Stoffströme in den Anschlussabschnitten.
Bei Mischungen am Eintritt oder Verzweigungen am Austritt sind entsprechend der Anzahl der Teilströme mehrere MSTA-Nummern für die Ein- bzw. die Austritte anzugeben. Bei Stoffströmen, die von außen kommen oder nach außen weggehen, ist als Anschluss-MSTA die Nummer 0 einzusetzen.

Die Handhabung des Programms zur grafischen Eingabe und Bearbeitung der Schaltung ist ausführlich in einem eigenständigen Kapitel (siehe 3.4) beschrieben.

3.3.2.2 Geometrie

a) Gruppen konstruktiver Daten

Für jedes Schaltungselement, das durch seine Geometrie beschrieben wird (Heizflächen, Gaskanäle), müssen die konstruktiven Daten angegeben werden.

Schaltungselemente, deren konstruktive Daten gleich sind, können zu einer Gruppe zusammengefasst werden.

Jede Gruppe konstruktiver Daten enthält zunächst die MSTA-Nummern der Schaltungselemente, für welche die gleichen Daten verwendet werden können. Danach folgen die einzelnen Angaben, beginnend mit der Typnummer der Schaltungselemente.

Für jeden Schaltungselementtyp mit konstruktiven Daten existiert ein Merkblatt, in dem die anzugebenden Werte erläutert werden.

b) Abschnittslängen und geodätische Höhen

Für alle Abschnitte, deren Schaltungselemente durch konstruktive Daten beschrieben werden, muss eine Abschnittslänge vorgegeben werden.

Die Abschnittslängen sind von den übrigen konstruktiven Daten getrennt, da sich viele Geometrien (z.B. Gaskanäle, Wand-, Tragrohr- und Schottheizflächen) nur in ihrer Länge unterscheiden, ansonsten aber identisch sind. Durch die Trennung von Abschnittslängen und übrigen geometrischen Angaben können Schaltungselemente, deren Geometrie sich nur in der Länge unterscheidet, zu einer Gruppe zusammengefasst werden.

In diesem Datenbereich können auch geodätische Höhen der Schaltungsabschnitte vorgegeben werden. Die Angabe bezieht sich auf den Eintritt des 1. Stoffstroms des Abschnitts und erfolgt wahlweise als Absolutwert oder als Differenz zum Austritt des 1. Stoffstroms eines anderen Abschnitts. Außerdem muss die Strömungsrichtung des 1. Stoffstroms angegeben werden (nach oben, seitwärts oder nach unten). Zur Vorgabe geodätischer Höhen ist zu beachten:

- Auf die Angabe geodätischer Höhen kann verzichtet werden.
- Ist die Berechnung geodätischer Höhen gewünscht, muss für mindestens einen Abschnitt eine absolute Höhe vorgegeben werden.
- Für Abschnitte ohne Höhenangabe wird mit Hilfe der Schaltung und der sonstigen konstruktiven Daten eine Höhe berechnet. Das heißt, wenn für wenigstens einen Abschnitt eine Höhe vorgegeben ist, wird für alle Abschnitte eine geodätische Höhe bestimmt.
- Aus der geodätischen Höhe des Abschnitts, welche für den Eintritt des ersten Stoffstroms des betreffenden Abschnitts vorgegeben oder berechnet wird, werden Höhen für alle Ein- und Austritte aller Schaltungselemente des Abschnitts abgeleitet. Dazu verwendet DimBo die vorliegenden Schaltungs- und Geometrieparameter.
- Wenn geodätische Höhen vorgegeben bzw. berechnet sind, werden diese bei der Berechnung der Druckverluste der Schaltungselemente (siehe 2.4.7 und 2.4.8) berücksichtigt. Ansonsten haben geodätische Höhen keinen Einfluss auf weitere Berechnungsergebnisse.

Die Abschnittsbezeichnungen des Datenbereichs sind frei wählbare Texte, die zur Orientierung innerhalb der Eingabedaten dienen und für die Ergebnisausgabe genutzt werden.

c) Bestiftungs- und Bestampfungsgruppen

Thermisch hoch belastete Heizflächen werden oft mit einer Bestampfung vor zu hohen Temperaturen geschützt oder durch eine Bestampfung soll ein zu starker rauchgasseitiger Temperaturabbau verhindert werden. Die Bestampfung wird durch Metallstifte auf der betreffenden Heizfläche fixiert.

Da häufig, wenn eine Bestampfung vorhanden ist, diese sich über mehrere Heizflächen erstreckt, können in einer "Bestiftungs- und Bestampfungsgruppe" die MSTA-Nummern mehrerer Heizflächen, für die diese Bestampfung berücksichtigt werden soll, angegeben werden. Außerdem ist die Ausführung der Bestampfung durch Geometrieparameter und Materialeigenschaften (Wärmeleitfähigkeiten) zu beschreiben.

d) Strahlungsaustauschlängen

Soll bei der Bestimmung der Oberflächenstrahlung zwischen verschiedenen Heizflächen eines Abschnitts von der Standardberechnung im Programm DimBo abgewichen werden, so kann das Standardberechnungsmodell durch die Vorgabe sogenannter Strahlungsaustauschlängen modifiziert werden.

Die Vorgabe von Strahlungsaustauschlängen ist nur bei besonderen geometrischen Verhältnissen (z.B. mehrere Bündelheizflächen in einem Gaskanal) erforderlich.

Zur Beeinflussung der Oberflächenstrahlung durch Vorgabe von Strahlungsaustauschlängen existiert eine gesonderte Beschreibung im Handbuch "DimBo – Zusammenstellung der Berechnungsgrundlagen".

e) Feuerraum-Zonenmodell^{L2}

Bei der Berechnung der Wärmeübertragung im Feuerraum können zwei unterschiedliche Verfahren verwendet werden (siehe 2.5.3.2). Wenn das Zonenmodell verwendet werden soll, muss die Zoneneinteilung durch geeignete Modellparameter definiert werden.

Bis zu 2 Trichterzonen können verwendet werden. Da der Rauchgaskanalquerschnitt durch die allgemeinen Geometrieparameter (siehe a) bereits bestimmt ist, werden für die Trichtergeometrie nur noch 2 der 3 folgenden Parameter benötigt:

- Trichterwinkel (bezogen auf die Feuerraumachse)
- Breite der Trichteröffnung am Ascheabzug
- Höhe

Der fehlende dritte Parameter wird aus den anderen beiden berechnet. Im Fall, dass 2 Trichterabschnitte definiert sind, wird die Trichterhöhe im Verhältnis 1/3 zu 2/3 auf die obere und untere Trichterzone aufgeteilt.

Die Zonen oberhalb des Trichters haben Öffnungen, durch welche die zur Verbrennung verwendeten Stoffe zugeführt werden. Diese Öffnungen lassen sich kategorisieren und können dann den Zonen zugeordnet werden. Jeder Öffnungstyp wird durch die folgenden Parameter charakterisiert:

- Anzahl der Öffnungen je Zone
- Durchmesser der Öffnungen
- Anordnung der Öffnungen bezogen auf die 4 Seitenwände (Vorderwand, Rückwand, rechte und linke Seitenwand)

Es können bis zu 18 quaderförmige Verbrennungszonen definiert werden. Sie repräsentieren die Brennstoffzufuhr in verschiedenen Brennebenen oder die Zufuhr von Luft. Auch Zonen ohne Stoffzufuhr sind möglich, um Abschnitte für den Ausbrand und die Verweilzeit darzustellen. Jede Zone wird durch folgende Parameter beschrieben:

- Höhe der Zone
- Zuordnung der Öffnungen

f) Feuerraum Wirbelschichtmodell^{L3}

Die Schaltung kann eine zirkulierende Wirbelschicht enthalten. Die Geometrie der Wirbelschicht wird beschrieben durch mehrere aufeinander folgende Rauchgaskanal-Abschnitte der Typnummern 101, 111, 112 und als Abschluss eine Haube vom Typ 123. Vor dem 1. Rauchgaskanal-Abschnitt, in der Regel eine Querschnittserweiterung vom Typ 111 oder 112, liegt der zugehörige Verbrennungsabschnitt. Auf die Haube folgt der zugehörige Zyklon. Im Rauchgasweg zwischen Austritt aus dem Verbrennungsabschnitt und dem Zyklon dürfen keine Verzweigungen oder Mischungen vorhanden sein. Die im Zyklon abgeschiedene Asche muss vollständig wieder zum Verbrennungsabschnitt zurückgeführt werden. Im Verbrennungsabschnitt müssen für Sekundärluft 1 und Sekundärluft 2 jeweils eigene Elemente vom Typ 611 angelegt werden. Bei der Durchführung der Berechnung wird dann zwischen 1. und 2. sowie zwischen 2. und 3. Rauchgas-kanal-Abschnitt ein zusätzlicher Verbrennungsabschnitt eingefügt, in dem die Sekundärluft 1 bzw. 2 berücksichtigt wird. Die Definition der Wirbelschicht-Feuerung erfolgt auf dem Eingabeformular "Feuerraum-Modell Zirkulierende Wirbelschicht". Anzugeben sind folgende Daten:

- Abschnittsnummer des zugehörigen Verbrennungsabschnitts
- MSTA-Nummer der Sekundärluft 1 im Verbrennungsabschnitt
- MSTA-Nummer der Sekundärluft 2 im Verbrennungsabschnitt

- MSTAT-Nummer "frisches Bettmaterial" im Verbrennungsabschnitt
- Abschnittsnummer des zugehörigen Zyklons

Als "frisches Bettmaterial" ist ein Brennstoff zu verwenden, der nur aus "Asche" und evtl. einem geringen Wassergehalt besteht und dessen Brennwert 0 ist.

Die konstruktiven Daten der Schaltungselemente a), die Abschnittslängen und geodätischen Höhen b) und die Bestiftungs- und Bestampfangaben c), können auch innerhalb der grafischen Schaltungsbearbeitung (siehe 3.4) bearbeitet werden. Für die Strahlungsaustauschlängen d), die Parameter des Feuerraumzonenmodells e) und die Parameter des Feuerraum-Wirbelschichtmodells f) ist jedoch derzeit keine Bearbeitungsmöglichkeit in der grafischen Schaltungsbearbeitung implementiert.

3.3.2.3 Materialausnutzung

Das Programm DimBo kann auf Wunsch eine Ergebnistabelle erstellen, in welcher die Werkstoffausnutzung der verwendeten Rohrmaterialien ausgegeben wird (siehe 3.5.1.10). Dazu muss diese Tabelle angefordert werden (siehe 3.3.6.2), und es müssen Parameter zur Berechnung der Werkstoffausnutzung definiert werden. Die Parameter sind:

- Berechnungscode (z.B. EN, AD2000, ASME I, ASME VIII-1)
- Koeffizienten zur Bestimmung von Designtemperatur und -druck
- Korrosionszuschlag
- Wanddickentoleranz

Bis auf den Berechnungscode sind für alle Parameter Standardwerte hinterlegt. Wird dann nichts angegeben, werden die Standardwerte verwendet; ansonsten werden die angegebenen Parameter verwendet. Um für unterschiedliche Komponenten verschiedene Parameter verwenden zu können, gibt es die Möglichkeit, für einzelne Schaltungselemente oder Gruppen von Schaltungselementen individuelle Festlegungen zu treffen. Diese bestehen wiederum aus den obigen Parametern, welche nun für die angeführten MSTA-Nummern eingesetzt werden. Auf diese Weise kann z.B. eine Anlage, welche generell nach ASME I gerechnet wird, für einige Heizflächen abweichend ASME VIII-1 als Berechnungscode definiert werden.

Für die Bestimmung der Parameter zur Materialauslegung (maximale Materialtemperaturen und Wärmestromdichten) kann zwischen zwei Berechnungsoptionen gewählt werden:

- Umrechnung auf eine lokal unverschmutzte Außenfläche
- Keine Umrechnung

Die Umrechnung bewirkt, dass für eine Heizfläche mit einem Verschmutzungsfaktor < 1.0 oder einem Foulingwert > 0.0 auf der Außenseite ein höherer Wärmedurchgang berechnet

wird, der dem einer unverschmutzten Heizfläche entspricht. Die Wärmestromdichte und die Materialtemperaturen fallen dadurch ebenfalls höher aus.

Die Umrechnung ist der Berechnungsstandard. Sie kann aber unterdrückt werden, wenn sichergestellt ist, dass die äußere Schmutzschicht oder eine sonstige Begründung für eine verminderte Wärmeübertragung gleichmäßig für die gesamte Heizfläche zutreffend ist.

3.3.2.4 Nutzwärmeblöcke

Bei den Temperaturangaben (siehe 3.3.4.4) wird eine Zuordnung der von außen zu- und abgeführten Stoffströme auf sogenannte Nutzwärmeblöcke vorgenommen. Stoffströme, die zum gleichen Nutzwärmeblock gehören, werden in der Ergebnisausgabe zusammengefasst. Für Dampferzeuger mit mehreren Druckstufen (Hochdruckdampf und Zwischenüberhitzer) werden dann individuelle Nutzwärmeleistungen für jede Druckstufe berechnet.

Zu den Nummern der Nutzwärmeblöcke gehören Bezeichnungen, die als Überschriften in der Ergebnisausgabe benutzt werden. Für jede Nummer, die bei den Temperaturangaben benutzt wird, muss eine Bezeichnung vorgegeben werden, die für alle Rechnungen einheitlich verwendet wird.

3.3.3 Stoffanalysen

3.3.3.1 Brennstoffe^{*L2}, Sauerstoffträger, Zuschlagstoffe^{*L2}

Die Eingabe der Stoffstromanalysen erfolgt analog zur Dateneingabe im Programm ComCal. Entsprechende Hinweise können dem Benutzerhandbuch ComCal entnommen werden.

3.3.3.2 Benutzerdefinierte Stoffeigenschaften^{*L4}

Werden in der Schaltung benutzerdefinierte Stoffarten verwendet (siehe 2.2.3), müssen den verwendeten Stoffnummern die zugehörigen Stoffeigenschaften aus der vorhandenen Stoffdatenbank zugeordnet werden. Die Stoffdatenbank selbst kann auf Anforderung und bei Verfügbarkeit der benötigten Stoffparameter erweitert werden. Einzelheiten sind mit dem Programmbetreuer zu klären.

3.3.3.3 Reaktivitätskoeffizienten^{*L2}

Reaktivitätskoeffizienten müssen nur eingegeben werden, wenn von den Standardwerten abgewichen werden soll. In diesem Fall erfolgt die Eingabe analog zur Dateneingabe im Programm ComCal. Hinweise dazu können dem Benutzerhandbuch ComCal entnommen werden.

3.3.4 Lastabhängige Daten

3.3.4.1 Verfahrensparameter

Verfahrensparameter können mehrfach in der Eingabedatei vorhanden sein. Sie unterscheiden sich durch Nummern, durch deren Angabe bei der Aufgabenstellung einer Rechnung (siehe 3.3.5) die entsprechenden Verfahrensparameter für die Rechnung eingesetzt werden.

Der Datenbereich der Verfahrensparameter enthält Angaben zu den Schaltungselementen, deren Funktion nicht durch konstruktive Daten beschrieben wird, zur Bewertung der Wärmeübergänge in den Heizflächen und allgemeine Angaben zur Energiebilanz.

Einige Angaben der Verfahrensparameter sind vom Programmbenutzer mit einer Nummer zu versehen. Diese wird benötigt, wenn eine der Angaben als Variationsparameter für Stoffstrom- oder Temperaturbedingungen benutzt wird. Die Nummern müssen zwischen 1 und der maximalen Anzahl von Angaben des jeweiligen Datenblocks liegen. Die Nummerierung braucht nicht aufsteigend zu sein, und sie darf "Lücken" enthalten, aber innerhalb eines Datenblocks dürfen nicht zwei Angaben die gleiche Nummer besitzen.

a) Angaben zu den Mahltrocknungsabschnitten

Der vorzugebende "Endwassergehalt" legt die Stoffübertragung vom Brennstoff an das Trocknungsgas fest. Zur Temperaturberechnung ist die Temperaturdifferenz zwischen Trocknungsgas (Brüden) und getrocknetem Brennstoff anzugeben.

Die Antriebsleistung der Mühle wird durch zwei Werte definiert, eine brennstoffunabhängige und eine brennstoffbezogene Leistung. Die Gesamtantriebsleistung, die Summe aus dem erstem Wert und dem Produkt vom zweiten Wert mit dem Brennstoffmassenstrom, wird als zugeführte Energie berücksichtigt. Ein vorzugebender Anteil davon wird als Energieverlust durch externe Kühlung behandelt, der Rest in eine Temperaturerhöhung des Brennstoff-Luft-Gemisches umgesetzt.

Mahltrocknungsabschnitte können an den (Gesamt-) Strahlungs- und Leitungsverlusten der Anlage beteiligt werden. Dazu ist anzugeben, wie diese zusätzlichen Wärmeverluste vorgegeben werden. Als Absolutwert oder als Anteil, welcher entweder auf die Gesamtstrahlungs- und Leitungsverluste oder auf die vom Trocknungsgas abgegebene Wärme bezogen ist.

*b) Angaben zu den Verbrennungsabschnitten^{*L2}*

Das Verhalten der Brennstoffasche bei der Verbrennung ist durch die Angaben "Vergasbarer Ascheanteil" und "Primärentaschungsgrad" festzulegen.

Darüber hinaus können für jeden Verbrennungsabschnitt zusätzliche Parameter für erweiterte Berechnungsmöglichkeiten definiert werden

- Durch Konversionsfaktoren mit Werten > 0 für die alternativen Verbrennungsprodukte CO, SO₃, NO, NO₂ und N₂O können gasförmige Emissionen dieser Komponenten berücksichtigt werden.
- Insbesondere bei der Verbrennung von Hausmüll werden die Komponenten Schwefel, Chlor und Fluor nicht vollständig in gasförmige Verbrennungsprodukte umgesetzt. Stattdessen reagieren diese Komponenten mit Bestandteilen der Asche zu Feststoff, der in die Asche eingebunden wird. Sind die genauen Reaktionsabläufe und Reaktionspartner nicht bekannt, kann diese Ascheeinbindung vereinfacht so berücksichtigt werden, dass für die Brennstoffkomponenten S, Cl und F Einbindungsgrade in die Asche vorgegeben werden.
- Enthält ein Verbrennungsabschnitt das Schaltungselement 614, so sind die Analysennummer des Zuschlagstoffes und Entschwefelungsparameter vorzugeben.
- Die Teilnahme des Flugstaubes aus einer vorherigen Verbrennung (z.B. durch Hintereinanderschalten von Verbrennungen, Flugstaubrückführung oder Rauchgasrezirkulation) am Verbrennungsprozess im aktuellen Verbrennungsabschnitt wird durch zwei Parameter beschrieben. Durch den "Verbrennungsanteil" wird die Verbrennung des bisher unverbrannt gebliebenen Brennstoffs und durch den "Entaschungsgrad" die Abscheidung des Flugstaubes als Schlacke definiert. Der Standardwert für beide Größen ist 0, d.h. der Flugstaub aus einer vorherigen Verbrennung passiert die Verbrennung unverändert.

Zusammensetzung und Heizwert des unverbrannten Brennstoffs in Flugstaub und Schlacke werden durch C-Faktoren und Heizwertangaben definiert. Für die gängigen Normen (EN 12952 und ASME PTC 4-1998) existieren Standardwerte, die als Option angewählt werden können und dann für alle Verbrennungsabschnitte identisch verwendet werden. Es können aber auch – individuell für jeden Verbrennungsabschnitt – C-Faktoren und Heizwerte abweichend von den Normen eingesetzt werden. Hinweise zur Bedeutung der C-Faktoren und zu den Heizwerten des unverbrannten Brennstoffs können dem Benutzerhandbuch ComCal entnommen werden.

c) Angaben zum Feuerraum^{*L2}

Das Programm DimBo enthält zurzeit 5 Verfahren zur Bestimmung der Feuerraumendtemperatur.

Vier dieser Verfahren sind auf das Berechnungsmodell des idealisierten Rührkessels (siehe 2.5.3.2) bezogen. Zur Bestimmung der Feuerraumendtemperatur wird ein

empirischer Parameter benötigt und die Vorgabe dieses Parameters bestimmt das Berechnungsverfahren:

- Vorgabe der Feuerraumendtemperatur
- Berechnung der Feuerraumendtemperatur mithilfe von Q/A-Kurven, welche für verschiedene Feuerungsarten einen funktionalen Zusammenhang zwischen der auf die Brennkammeroberfläche A bezogenen eingebrachten Wärme Q und der Feuerraumendtemperatur herstellen.
- Berechnung der Feuerraumendtemperatur über eine C-Zahl.

Diese ersten 3 Verfahren werden als "Bilanzmodelle" bezeichnet, weil hierbei über den vorgegebenden empirischen Parameter die Feuerraumendtemperatur berechnet und dann die Wärmeübertragung an die Heizflächen durch eine Energiebilanz berechnet wird.

Bei dem 4. Verfahren

- Berechnung mit der Flammenemissivität nach FDBR

wird die Wärmeübertragung zwischen Flamme und Heizfläche berechnet. Für Teillasten, wenn z.B. einzelne Brennebenen abgeschaltet sind, kann die Feuerraumhöhe reduziert werden. Je nachdem, ob obere oder untere Brennebenen abgeschaltet werden, kann der an den Feuerraum angrenzende Strahlraum entsprechend der Reduzierung der Feuerraumhöhe vergrößert werden oder nicht.

Die fünfte Berechnungsmethode bezieht sich auf das Feuerraum-Zonenmodell (siehe 2.5.3.2), bei welchem der Feuerraum in mehrere Teilabschnitte unterteilt wird. Während die Geometrieparameter bei den konstruktiven Daten behandelt werden (siehe 3.3.2.2) und für alle Rechnungen identisch sind, werden die Parameter, die vom jeweiligen Betriebszustand abhängen, bei den Verfahrensparametern angegeben:

- Stoffzufuhr
Jeder Stoffstromeintritt des Feuerraum- Schaltungselementes kann auf die Zonen verteilt werden. Die Verteilung wird dadurch definiert, dass die Zonen, denen der Stoff zugeführt wird, und jeweilige zugehörige Massenverhältniszahlen vorgegeben werden.
Zusätzlich zur Verteilung können Stoffeigenschaften (Partikelgröße, Partikeldichte und Reaktionszeit) angegeben werden, um die Feststoffstrahlung an Brennstoffeigenschaften und Betriebsbedingungen anpassen zu können. Ohne diese Angaben werden Standardwerte verwendet.
- Fouling
Eine allgemeine Heizflächenbewertung, die sowohl für den Feuerraum als auch für alle anderen Heizflächen verwendet werden kann, wird nachfolgend beschrieben (siehe h)). Für das Zonenmodell können darüber hinaus aber individuelle Fouling-Werte für die dem

Rauchgas zugewandte Oberfläche angegeben werden, um ein höhenbezogenes Verschmutzungsprofil für den Wärmewiderstand des Rohrwandbelages berücksichtigen zu können.

- **Interne Rezirkulation**

Die Rauchgasströmung in Feuerräumen wird von einer aufwärts gerichteten Strömung dominiert. Diese wird jedoch von einer Rückströmung in die unteren Zonen überlagert. Der Anteil dieser Rückströmung bezogen auf die Hauptströmung ist vorzugeben, um die Berechnung an das Feuerungskonzept und Betriebsbedingungen anzupassen. Ohne Angabe eines Anteils für die interne Rezirkulation wird ein Standardwert verwendet.

Die Wärmeabgabe des Rauchgases im Feuerraum wird im Verhältnis der Flächen auf die Heizflächen des Feuerraums und die Austrittsfläche verteilt. Der Anteil, welcher auf die Austrittsfläche entfällt, geht in Form von Strahlung an die nachfolgenden Abschnitte über. Durch den "Austrittsflächenbewertungsfaktor" kann dieser Anteil vermindert werden.

d) Angaben zur Nachverbrennung

Der Anteil der Verbrennungsenergie, der nicht im Verbrennungsabschnitt selbst sondern in einem anderen Schaltungsabschnitt freigesetzt werden soll, ist zusammen mit den zugehörigen Abschnittsnummern vorzugeben.

e) Angaben zu Wirbelschichtheizflächen^{*L3}

Feuerraum-Modell "Zirkulierende Wirbelschicht":

Für den Feuerraum der Wirbelschicht ist entweder ein Druckverlust (ohne Düsenboden) oder eine Bettmasse vorzugeben. Die Aschebilanz für die Wirbelschicht kann wahlweise über den Abscheidegrad des Zyklons oder über Ascheabzug bzw. Zufuhr frischen Bettmaterials eingestellt werden. Im zweiten Fall können Zielwerte (Mindestwerte) für den Ascheabzug bzw. die Zufuhr frischen Bettmaterials definiert werden. Der Ascheabzug wird über den Primärentaschungsgrad des Verbrennungsabschnitts eingestellt. Dieser Primärentaschungsgrad bezieht sich jedoch lediglich auf die im Brennstoff enthaltene Asche. Für Produkte aus der Direktentschwefelung bzw. die in den Zuschlagstoffen enthaltene Asche ist ggf. bei den Verfahrensparametern des Verbrennungsabschnitts ein Einbindegrad in die Schlacke vorzugeben.

Bei Bedarf kann eine Nachverbrennung im Zyklon durch Vorgabe eines entsprechenden Anteils simuliert werden.

Für den für die Berechnung erforderlichen "mittleren Partikeldurchmesser" und die "Dichte des Staubes" werden die auf der Startseite der Prozessparameter für die Staubstrahlung eingegebene Werte verwendet.

Für den Absorptionskoeffizienten der Feuerraumwand bzw. Schottenheizfläche kann ein vom Standardwert 0,79 abweichender Wert festgelegt werden, und zwar getrennt für bestampfte und unbestampfte Heizflächen. Dieser Wert gilt dann sowohl für Heizflächen in der "Zirkulierenden Wirbelschicht" als auch für die "sonstigen Wirbelschicht-Heizflächen", nicht aber für Heizflächen, welche nicht als Wirbelschichtheizflächen definiert wurden.

Sonstige Wirbelschicht-Heizflächen:

Für die Berechnung der Wärmeübertragung an Heizflächen in einer Wirbelschicht (außerhalb des Feuerraum-Wirbelschichtmodells) sind außer den Angaben, die für eine Heizfläche in einem "normalen" Gaskanal benötigt werden, weitere Parameter erforderlich.

Für die Heizfläche kann der Wärmeübergangskoeffizient an der äußeren Oberfläche als Absolutwert vorgegeben oder berechnet werden. Im ersten Fall ist der gewünschte Wert anzugeben. Im zweiten Fall geht in die Berechnung zusätzlich zu den Parametern des normalen Gaskanals die Suspensionsdichte im Rauchgaskanal ein. Um diese Berechnung zu aktivieren, wird die Suspensionsdichte in kg/m^3 zu der MSTA-Nummer des Rauchgaskanals angegeben. Für den ebenfalls für die Berechnung erforderlichen "mittleren Partikeldurchmesser" und die "Dichte des Staubes" werden die auf der Startseite der Prozessparameter für die Staubstrahlung eingegebene Werte verwendet.

Durch eine hohe Staubrezirkulation in der Wirbelschicht wird ein sehr flacher Temperaturverlauf des Rauchgases erreicht. Eine sehr einfache Möglichkeit, dies in der Berechnung zu berücksichtigen, besteht darin, die gewünschte Rauchgastemperatur als oberen Grenzwert vorzugeben. Ist also die Betttemperatur in der Wirbelschicht bekannt, kann der Temperaturwert bei den Verfahrensparametern der Wirbelschicht für die MSTA-Nummer des betreffenden Gaskanals vorgegeben werden.

Für die Heizflächen im Feuerraum-Wirbelschichtmodell erfolgt die Berechnung der Suspensionsdichten für die einzelnen Feuerraumabschnitte automatisch, so dass für die entsprechenden Heizflächen keine Parameter vorgegeben werden.

f) Angaben zu $k \cdot A$ -Werten

Für die Schaltungselemente mit den Typnummern 501, 502 und 505 erfolgt die Berechnung der Wärmeübergänge über vorzugebende Wärmedurchgangskoeffizienten. Diese $k \cdot A$ -Werte müssen für alle Kombinationen von je zwei Stoffströmen in solchen Abschnitten vorgegeben werden. Soll einer dieser $k \cdot A$ -Werte innerhalb der nachfolgenden Rechnungen umgerechnet werden, müssen außerdem der Reynoldsexponent des Wärmeübergangsgesetzes und das Verhältnis der Wärmetauscherflächen von Primär- und Sekundärstoffstrom vorgegeben werden. Fehlen diese letzten beiden Angaben, so werden Standardwerte eingesetzt.

Schaltungselemente mit vorgegebenem $k \cdot A$ -Werte können an den (Gesamt-) Strahlungs- und Leitungsverlusten der Anlage beteiligt werden. Dazu ist anzugeben, wie diese zusätzlichen Wärmeverluste vorgegeben werden. Als Absolutwert oder als Anteil, welcher entweder auf die Gesamtstrahlungs- und Leitungsverluste oder auf die übertragene Wärme bezogen ist.

Wird für einen $k \cdot A$ -Wert der Wert 0 vorgegeben, so wird der Wert der vorherigen Rechnung umgerechnet (siehe 3.2.4). In diesem Fall sind auch Reynoldsexponent und Flächenverhältnis mit Nullen vorzugeben. Sind außerdem keine Wärmeverluste angegeben, so werden auch hierfür die entsprechenden Angaben aus der vorherigen Rechnung übernommen. Die Umrechnung von $k \cdot A$ -Werten ist nicht in der ersten Rechnung eines Datenlaufes möglich.

g) Angaben zu Schaltungselementen mit vorgegebener Temperatur- oder Enthalpie- oder Wärmestromdifferenz

Für alle Schaltungselemente mit der Typnummer 504 ist die Wärmezufuhr oder -abgabe in Form einer solchen Differenzangabe zu beschreiben. Bei den Typnummern 513 (Trommelvorwärmer) und 514 (Trommelkühler) ist eine solche Angabe dann erforderlich, wenn das betreffende Schaltungselement nicht durch konstruktive Daten beschreiben wurde.

Wird das Schaltungselement lediglich zur Mischung oder Verzweigung benutzt, kann als Enthalpiedifferenz der Wert 0 vorgegeben werden (keine Wärmezufuhr oder -abgabe).

Die Vorgabe, wie der Wärmestrom in der Energiebilanz zu berücksichtigen ist, ist nur beim Schaltungselementtyp 504 von Bedeutung und nur dann, wenn die Enthalpiedifferenz ungleich 0 ist. In allen anderen Fällen ist vorzugeben "keine Berücksichtigung".

Wann und wie beim Schaltungselementtyp 504 die zu- oder abgeführten Wärmeströme in der Energiebilanz berücksichtigt werden müssen, ist in den Abschnitten 2.2.9 und 2.5.1.3 beschrieben.

h) Angaben zu Entstaubern und Wasserabscheidern

Für alle Abschnitte, die ein Schaltungselement mit den Typnummern 506 oder 656 enthalten, ist der Abscheidegrad anzugeben.

Bei Entstaubern ist dies der Entstaubungsgrad, das Verhältnis des abgeschiedenen Staubes zum Staub vor der Entstaubung. Beim Wasserabscheider ist die aus der Trocknung entstehende Kondensatmenge zur Wasserdampfmenge im Gas vor der Trocknung ins Verhältnis zu setzen.

Handelt es sich bei dem Entstauber um einen Zyklon mit gegebener Geometrie, kann der Entstaubungsgrad auch berechnet werden. Dazu ist die Option "aus Geometrie

berechnen" auszuwählen und der mittlere Partikeldurchmesser D50 anzugeben. Außerdem kann die Zyklon-Geometrie aus dem Gasvolumenstrom berechnet werden. Dazu gibt es eine weitere, entsprechende Berechnungsoption.

i) Angaben zur Heizflächenbewertung

Die Wärmeübergänge an Heizflächen, die das Berechnungsmodell des Programms DimBo liefert, können durch den DimBo-Anwender beeinflusst werden.

Der Verschmutzungsfaktor wird mit dem theoretischen Wärmedurchgangskoeffizienten multipliziert. Verschmutzungsfaktoren, die kleiner als 1 sind, vermindern also den realen Wärmeübergang gegenüber dem theoretischen Wert.

Durch Vorgabe von Fouling-Werten können zusätzliche Wärmewiderstände, die z.B. durch Schmutzschichten hervorgerufen werden können, berücksichtigt werden. Sie vermindern den Wärmedurchgangskoeffizienten der Heizfläche. Wird für das Fouling der Wert 0 vorgegeben, so wird ohne Fouling gerechnet.

Für jede Heizfläche muss eine Bewertung vorgegeben werden. Sollen mehrere Heizflächen gleich bewertet werden, so können sie zu einer Bewertungsgruppe zusammengefasst werden.

j) Oxidationspfade

Die Reaktion von NO mit O₂ zu NO₂ für Prozessgase kann entlang mehrerer vom Anwender zu definierenden Oxidationspfade erfolgen. Für jeden diese Pfade sind folgende Angaben erforderlich:

- MSTA-Nummer des Pfadanfangs.
- MSTA-Nummer des Pfadendes. Soll die Oxidation bis zum Systemaustritt des Prozessgases berechnet werden, wird das Strangende mit "0" definiert.
- Bewertungsfaktor für die Konversion von NO zu NO₂. Mit Werten kleiner als 1.0 oder größer als 1.0 kann eine verminderte oder verstärkte Oxidation definiert werden. Bei der Vorgabe 0.0 als Bewertungsfaktor wird für diesen Pfad keine Oxidation berechnet, so als ob der Oxidationspfad gar nicht definiert wäre.

Bei der Vorgabe von Oxidationspfade ist zu beachten, dass zwischen den Pfadelementen keine Mischungen oder Verzweigungen des Prozessgases auftreten dürfen. Gegebenenfalls kann ein verzweigter Pfad in mehrere unverzweigte Pfade unterteilt werden.

k) Verweilzeitberechnung

Die Berechnung der Verweilzeiten des Rauchgases in Gaskanalabschnitten bzw. Temperaturzonen kann so modifiziert werden, dass bestimmte Abschnitte in der Berechnung mit einer Weglänge von 0.0 m berücksichtigt werden. Sie haben demzufolge

eine Verweilzeit von 0.0 s und leisten damit auch keinen Beitrag zur aufsummierten Verweilzeit über den Rauchgasweg.

Die entsprechenden Abschnitte, die nicht berücksichtigt werden sollen, sind anzugeben.

Für Feuerraumabschnitte werden - ohne dass dies angegeben werden muss - niemals Verweilzeiten berücksichtigt.

l) Sonstige Angaben

Als sonstige Angaben sind folgende Werte anzugeben:

- Bezugstemperatur für die Energiebilanzen.
- Strahlungs- und Leitungsverluste einschließlich der Verluste von Mahltrocknungsabschnitten und Wärmetauschern mit vorgegebenem $k \cdot A$ -Wert (siehe Abb. 3-1).
- Bezugs- O_2 -Wert des trockenen Rauchgases für die Umrechnung von Emissionsangaben auf Bezugs- O_2 .

Falls für die Asche nicht die Standardfunktion für die spezifische Wärmekapazität benutzt werden soll:

- Differentielle spezifische Wärmekapazität (c_p -Wert) der Asche bei einer ebenfalls vorzugebenden Temperatur.

Die Standard- c_p -Funktion wird dann mit einem Faktor so korrigiert, dass bei der angegebenen Temperatur der gewünschte c_p -Wert erreicht wird.

Falls für die Staubstrahlung nicht mit den Standardparametern gerechnet werden soll:

- Partikeldurchmesser des Flugstaubes.
- Dichte des Flugstaubes.

Um mit den Standardwerten für c_p und Staubstrahlung zu rechnen, sind die entsprechende Werte nicht oder als '0.' vorzugeben.

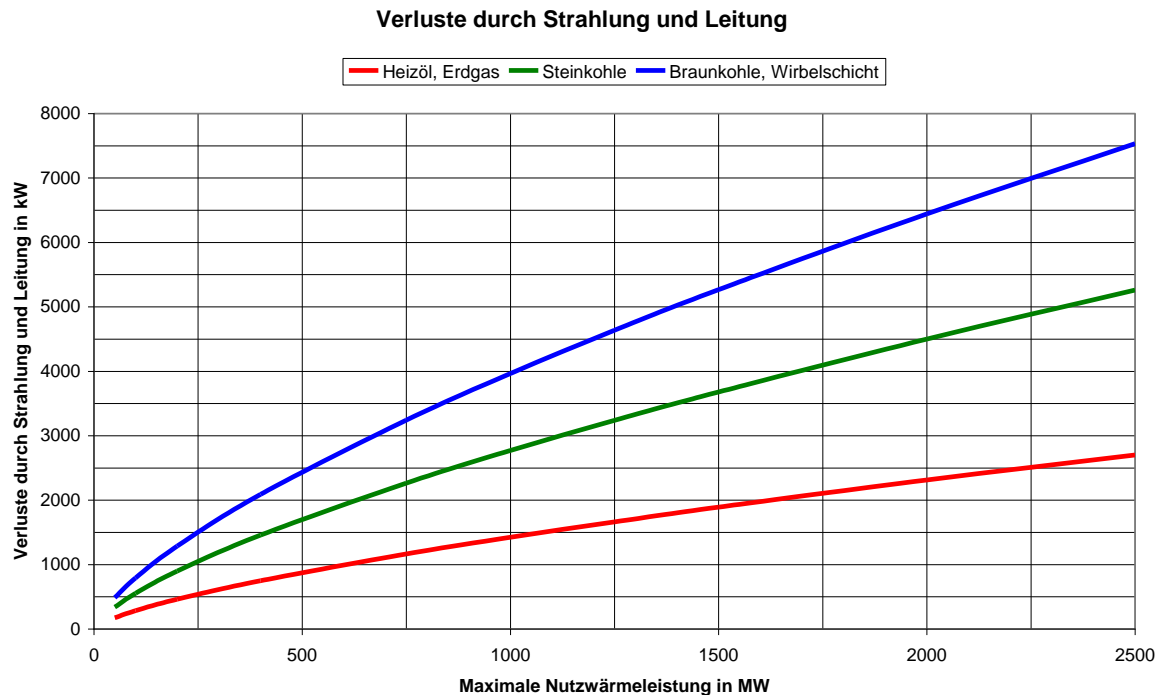


Abb. 3-1: Verluste durch Strahlung und Leitung

3.3.4.2 Druckangaben

a) Druckkombinationen

Die vorgegebenen Druckwerte zu einer Rechnung bilden gemeinsam mit dem zu verwendenden Berechnungsverfahren eine Druckkombination.

Es können verschiedene Druckkombinationen zu verschiedenen Rechnungen definiert werden; es können aber auch mehrere Rechnungen mit der gleichen Druckkombination ausgeführt werden. Die Druckkombinationen werden mit Nummern versehen, durch deren Angabe bei der Aufgabenstellung einer Rechnung (siehe 3.3.5) die entsprechenden Parameter verwendet werden.

Für jede Druckkombination kann eines der folgenden Berechnungsverfahren gewählt werden:

- Ausgangsrechnung.
- Umrechnung für einen anderen Betriebspunkt.
- Interpolation in Strömungsrechnung (veraltet).

Die Verfahren sind in Abschnitt 2.4 beschrieben.

Jede Druckkombination kann außerdem mit einer Bezeichnung versehen werden, die sich jedoch weder auf die Berechnung noch auf die Ergebnisausgabe auswirkt.

b) Druckangaben

Eine Druckangabe besteht aus einer Nummer, einem Schaltungspunkt, Druckwerten zu diesem Schaltungspunkt für alle Druckkombinationen und einem Kommentar.

Die Nummer der Druckangabe kann beliebig zwischen 1 und 100 gewählt werden. Für verschiedene Angaben müssen aber unterschiedliche Nummern benutzt werden.

Der Schaltungspunkt wird durch die Angabe, ob es sich um einen Ein- oder Austritt eines Schaltungselementes handelt, und die MSTAT-Nummer des Stoffstromes definiert. Für die Druckwerte gibt es verschiedene Vorgabemöglichkeiten:

- Absolutdruck in bar.
Ein Wert > 0 bewirkt, dass dieser Wert in der entsprechenden Rechnung als Druck für den Schaltungspunkt eingesetzt wird. Der Wert 0 bewirkt, dass der Druck in der entsprechenden Rechnung umgerechnet oder – bei einer Ausgangsrechnung – durch Interpolation bestimmt wird.
- Druckreferenz.
Durch den Verweis auf eine andere Druckangabe wird der dortige Druck auch für den aktuellen Schaltungspunkt eingesetzt.
- Druckfunktion.
Ist der Druck z.B. als Funktion des Massenstroms bekannt, kann dieser Zusammenhang durch eine Druckfunktion beschrieben werden. Die Nummer einer solchen Druckfunktion kann als Druckwert verwendet werden.
- Keine Druckwerte.
Hierdurch ist es möglich, den berechneten Druck in dieser Schaltungsposition als Referenzdruck in einer anderen Druckangabe zu benutzen. Außerdem kann durch den Kommentar (s.u.) eine Stoffstrombezeichnung zur Schaltungsposition angegeben werden. Druckangaben ohne Druckwerte wirken sich nicht darauf aus, welche Teilströme für die Schaltungspfade maßgeblich sind (siehe 2.4.2).

Der Kommentar, welcher sich nicht auf die Berechnung auswirkt, dient vor allem zur Orientierung innerhalb der Eingabedaten. Er wird bei der Ergebnisausgabe als Stoffstrombezeichnung benutzt, wenn bei den Anfangsmassenstrom- oder den Temperaturangaben keine andere Bezeichnung für den betreffenden Stoffstrom gefunden wird.

Für welche Stellen der Schaltung ein Druck vorgegeben werden muss, und wie aus den vorgegebenen Drücken die Druckverläufe in der Schaltung abgeleitet werden, ist in Abschnitt 2.4 beschrieben.

Für die Stoffart 2 (Wasser/Dampf) mit Absolutdrücken > 180 bar wird die Lizenzoption "Überkritisch"*L1 benötigt.

c) Druckfunktionen

Ist der Druck einer Schaltungsstelle von der Last abhängig (z.B. beim Gleitdruck) und ist diese Lastabhängigkeit als Funktion des Massenstroms oder des Produktes aus Massenstrom und Wurzel aus der Temperatur gegeben, so kann dieser Zusammenhang durch eine Druckfunktion beschrieben werden. Durch Vorgabe der Nummer dieser Druckfunktion bei den Druckangaben anstelle von Absolutwerten kann die gleiche Druckkombination für mehrere Lastpunkte benutzt werden.

Eine Druckfunktion besteht aus einer Nummer, einer Bezeichnung, einer Basisgröße und Angaben zum Funktionsverlauf.

Die Nummer der Druckfunktion kann beliebig zwischen 1 und 20 gewählt werden. Für verschiedene Funktionen müssen aber unterschiedliche Nummern benutzt werden.

Die Bezeichnung wirkt sich nicht auf die Berechnung aus und dient zur Orientierung innerhalb der Eingabedaten.

Als Basisgröße können entweder der Massenstrom oder das Produkt aus Massenstrom und Wurzel aus der Temperatur (Dampfkegelgesetz) eines beliebigen Schaltungspunktes benutzt werden. Der Schaltungspunkt wird durch die Angabe Ein- oder Austritt und die MSTAT-Nummer definiert.

Der Funktionsverlauf wird durch bis zu 10 Wertepaare von Basis- und zugehörigen Druckwerten bestimmt. Die Basiswerte müssen aufsteigend sortiert sein, andernfalls werden die Wertepaare vom Programm sortiert. Es können aber hintereinander zwei Wertepaare mit gleichen Basiswerten und unterschiedlichen Drücken vorkommen. Auf diese Weise können Unstetigkeiten (Sprünge) dargestellt werden. Als Einheit der Basisgröße können Absolutangaben (kg/s bzw. $\text{kg/s} \cdot \text{K}^{1/2}$) oder Prozentangaben gewählt werden. Für letztere muss ein Bezugspunkt der Prozentskala durch einen Basiswert und den zugehörigen %-Wert festgelegt werden. Die Angabe der Drücke erfolgt stets absolut in bar.

Für die Stoffart 2 (Wasser/Dampf) mit Absolutdrücken > 180 bar wird die Lizenzoption "Überkritisch"*L1 benötigt.

3.3.4.3 Anfangsmassenströme

Es können mehrere Datenbereiche "Anfangsmassenströme" in der Eingabedatei vorhanden sein. Sie unterscheiden sich durch Nummern, durch deren Angabe bei der Aufgabenstellung einer Rechnung (siehe 3.3.5) die entsprechenden Anfangsmassenströme für die Rechnung eingesetzt werden.

Der Datenbereich der Anfangsmassenströme enthält Angaben, die im Programm DimBo zu einer anfänglichen Bestimmung der Stoffströme (Massenströme und Analysen) benötigt werden.

Im Rahmen der Realisierung von Temperaturbedingungen (siehe 2.6.2 und 3.3.4.4) werden diese Anfangswerte vom Programm aber möglicherweise noch verändert. Und zwar dann, wenn Massenströme als Variationsparameter für die vorgegebenen Temperaturen benutzt werden. Aber auch für Werte, die vom Programm DimBo erst ermittelt werden sollen, muss der Programmanwender zunächst Startwerte vorgeben. Und je besser die Startwerte vorgeschätzt werden, desto geringer ist die für die Bestimmung der endgültigen Werte erforderliche Rechenzeit.

Die Stoffströme werden durch Angaben, ob es sich um Ein- oder Austritte eines Schaltungselementes handelt, und ihre MSTAT-Nummern angesprochen. Bei Mischungen oder Verzweigungen steht anstelle der MSTAT-Nummer die MSTA-Nummer des Schaltungselementes.

Hinter alle Angaben zu den Anfangsmassenströmen, außer zu den Stoffstrombedingungen, kann noch ein 16 Zeichen langer Kommentar geschrieben werden, der vor allem zur Orientierung innerhalb der Eingabedaten dient. Bei fehlenden Bezeichnungen zu den Ein- und Austrittstemperaturangaben (siehe 3.3.4.4) wird dieser Kommentar aber auch in die Ergebnisdatei übernommen.

Alle Angaben vor den Stoffstrombedingungen sind vom Programmbenutzer mit einer Nummer zu versehen. Diese wird benötigt, wenn eine der Angaben als Variationsparameter für Stoffstrom- oder Temperaturbedingungen benutzt wird. Die Nummern müssen zwischen 1 und der maximalen Anzahl von Angaben des jeweiligen Datenblocks liegen. Die Nummerierung braucht nicht aufsteigend zu sein, und sie darf "Lücken" enthalten, aber innerhalb eines Datenblocks dürfen nicht zwei Angaben die gleiche Nummer besitzen.

*a) Angaben zu den Brennstoffen.^{*L2}*

Für jeden Brennstoff (Stoffart 3), der von außen in die Schaltung eintritt, muss der Massenstrom und die Brennstoffanalyse vorgegeben werden. Als Analyse ist die Nummer eines Brennstoffs anzugeben, der mit dieser Nummer im Datenbereich "Brennstoffe" (siehe 3.3.3.1) in den Eingabedaten vorhanden sein muss.

Eine unvollständige Verbrennung wird durch Angaben zum Unverbrannten in Flugstaub und Schlacke definiert. Die Werte für den unverbrannten Brennstoff sind als Anteile vorzugeben, wobei sich diese Anteile wahlweise auf den aufgegebenen Brennstoff oder auf die aus dem Brennstoff entstehenden Flugstaub- oder Schlackeströme beziehen können.

b) Sonstige Massenstromangaben und Massenstromverhältnisse.

Welche Angaben zur Bestimmung der Stoffströme erforderlich sind, ist in Abschnitt 2.3 beschrieben.

Als Nummer der Analyse ist für alle Stoffströme mit den Stoffarten 1 und 5, die von außen in die Schaltung eintreten, die Nummer eines Sauerstoffträgers oder Prozessgases^{*L4} anzugeben. Ein Stoff mit dieser Nummer muss im Datenbereich "Sauerstoffträger/Prozessgase" (siehe 3.3.3.1) in den Eingabedaten vorhanden sein, wobei die Analysenarten 11-13 (Prozessgas) nur für Stoffart 5 verwendet werden dürfen. Für alle anderen Angaben ist als Analysennummer der Wert 0 einzusetzen.

Bei den Verhältniszahlen für die Massenströme kann die Angabe in beliebigen Dimensionen und Einheiten erfolgen, z.B. in kg/s, in Prozent oder in Bruchteilen. Nur muss für beide Werte die gleiche Dimension und Einheit verwendet werden und es dürfen keine negativen Verhältniszahlen vorkommen. Außerdem muss bei den Massenstromverhältnissen bei Mischung/Verzweigung mindestens eine der Verhältniszahlen größer als 0 sein; bei den Massenstromverhältnissen (allgemein) muss mindestens die zweite Verhältniszahl größer als 0 sein.

Bei den Stoffarten 1 und 5 beziehen sich die vorgegeben Massenströme und Verhältniszahlen auf die gasförmigen Stoffströme (ohne Staub). Der Staub wird als Staubbeladung im Berechnungsteil des Programms hinzugerechnet.

c) Stoffstrombedingungen.

Die Wirkung der Stoffstrombedingungen ist in Abschnitt 2.3.3 beschrieben. Mit ihnen können gewisse Stoffstromeigenschaften, die nicht direkt vorgegeben werden können, eingestellt werden.

Welche Stoffstromeigenschaften als Stoffstrombedingung vorgegeben werden können und welche Variationsparameter zur Verfügung stehen, kann den Merkblättern DimBo_MB-801 "Stoffstrombedingungen" und DimBo_MB-803 "Variationsparameter zur Realisierung von Stoffstrombedingungen" entnommen werden.

d) Emissionen

Für die Rauchgaskomponenten CO, SO₃, NO, NO₂ und N₂O können Konzentrationen für eine Schaltungsposition irgendwo hinter einem Verbrennungsabschnitt zusammen mit der Abschnittsnummer des zugehörigen Verbrennungsabschnitts angegeben werden.

Dadurch entstehen weitere Stoffstrombedingungen. Sie werden dadurch realisiert, dass für den angegebenen Verbrennungsabschnitt die entsprechenden Konversionsfaktoren variiert werden. Als Startwerte für die Variation werden dabei die Angaben bei den Verfahrensparametern der Verbrennungsabschnitte (siehe 3.3.4.1) benutzt.

3.3.4.4 Temperaturangaben

Es können mehrere Datenbereiche "Temperaturen" in der Eingabedatei vorhanden sein. Sie unterscheiden sich durch Nummern, durch deren Angabe bei der Aufgabenstellung einer Rechnung (siehe 3.3.5) die entsprechenden Temperaturen für die Rechnung eingesetzt werden.

Die Temperaturangaben dienen zur Festlegung der thermischen Zustände der Stoffströme. Sie sind in die Eingabeblocke Eintritts-, Austritts- und Zwischentemperaturen sowie Temperaturdifferenzen unterteilt.

a) Eintrittstemperaturen.

Für jeden Stoffstrom, der von außen in die Schaltung eintritt, ist die Eintrittstemperatur vorzugeben.

Die Angabe kann bei allen Stoffarten auch in Form einer spezifischen Enthalpie erfolgen. Bei Wasser/Dampf (Stoffart 2) kann der Eintrittszustand auch als Differenz zur Sättigungstemperatur $t-t'$ oder zur Siedewasser- oder Sattdampfenthalpie $h-h'$ bzw. $h-h''$ oder, im Zweiphasengebiet, als Dampfgehalt angegeben werden.

b) Austrittstemperaturen.

Für jeden Stoffstrom, der die Schaltung nach außen verlässt, ist eine Austrittstemperatur vorzugeben. Die Vorgabe des Temperaturwertes erfolgt wie bei den Eintrittstemperaturen.

In folgenden Fällen wird die vorgegebene Temperatur durch das Programm festgehalten:

- Bei Schaltungselementen mit den Typnummern 522 (Wärmeübertragung mit vorgegebenem Austrittszustand), 602 (Schlacke nach Verbrennung) oder 643 (Fremdmedium als Wärmezufuhr) wird der vorgegebene Austrittszustand unmittelbar eingesetzt.
- Bei Temperaturangaben, zu denen ein Variationsparameter zur Temperaturregelung angegeben ist, versucht das Programm den gegebenen Austrittszustand durch die Bestimmung des Variationsparameters zu realisieren.

In allen anderen Fällen ist die Temperaturangabe ein Startwert für die iterative Berechnung der Temperaturverteilung.

Zu den Austrittszuständen hinter den zuerst aufgezählten Typnummern 522, 602 oder 643 darf kein Variationsparameter angegeben werden.

c) Zwischentemperaturen.

Zwischentemperaturen müssen für folgende Stellen der Schaltung angegeben werden, soweit sie nicht schon unter b) als Systemaustritte aufgeführt sind:

- Bei Schaltungselementen mit den Typnummern 522 (Wärmeübertragung mit vorgegebenem Austrittszustand), 602 (Schlacke nach Verbrennung) oder 643 (Fremdmedium als Wärmezufuhr) ist der jeweilige Austrittszustand als Zwischentemperatur ohne Angabe eines Variationsparameters vorzugeben. Bei Typnummer 522 oder 643 kann anstelle einer Zwischentemperatur auch unter d) eine Temperaturdifferenz zu einer anderen Schaltungsstelle angegeben werden. Dabei muss sich aber die erste anzugebende Schaltungsposition auf die Typnummer 522 bzw. 643 beziehen.
- Hinter Schaltungselementen mit der Typnummer 511 (Trommel-Heißdampf) ist bei festgehaltenem Verdampfungsendpunkt der Dampfgehalt hinter Trommel/Trenngefäß als Zwischentemperatur vorzugeben. Dabei ist auch anzugeben, durch welche Variationsgröße diese Bedingung realisiert werden soll.

Darüber hinaus kann für beliebige Stellen der Schaltung eine Zwischentemperatur in Verbindung mit einem Variationsparameter vorgegeben werden. Das Programm versucht dann, den vorgegebenen Zustand durch die Bestimmung des Variationsparameters zu realisieren.

Die Vorgabe des Temperaturwertes erfolgt wie bei den Eintrittstemperaturen als Temperatur, spezifische Enthalpie oder Dampfgehalt. Außerdem können bei den Zwischentemperaturen auch die Nutzwärmeleistung, die zugeführte Energie, die Energieverluste oder der Wirkungsgrad in Verbindung mit einem Variationsparameter vorgegeben werden. Auch hier wird dann versucht, den vorgegebenen Zustand durch die Bestimmung des Variationsparameters zu realisieren.

d) Temperaturdifferenzen.

Soll die Temperaturdifferenz oder die mittlere Temperatur von zwei Stoffströmen an beliebigen Stellen der Schaltung einen bestimmten Wert annehmen, so kann ein entsprechender Wert als "Temperaturdifferenzangabe" vorgegeben werden. Gleichzeitig ist anzugeben, durch welchen Variationsparameter diese Bedingung realisiert werden soll.

Eine Differenz kann entweder als Temperaturdifferenz oder als Differenz der spez. Enthalpien vorgegeben werden.

Für Temperaturdifferenzangaben, die anstelle einer Zwischentemperaturangabe für Schaltungselemente mit Typnummer 522 oder 643 gemacht werden (siehe c)) ist kein Variationsparameter anzugeben.

Die Stellen der Temperaturangaben werden durch die MSTAT-Nummern der jeweiligen Stoffströme definiert. Bei Zwischentemperaturen und Temperaturdifferenzen ist außerdem anzugeben, ob es sich um Ein- oder Austritte eines Schaltungselementes handelt.

Hinter allen Temperaturangaben ist ein 16 Zeichen langes Textfeld für die Bezeichnungen der Stoffströme vorgesehen. Hier können beliebige Texte eingetragen werden. Die Texte zu den Ein- und Austrittstemperaturen werden als Bezeichnungen der Stoffströme in der Ergebnisausgabe benutzt. Sie dienen außerdem, wie die übrigen Bezeichnungen, zur Orientierung innerhalb der Eingabedaten.

Alle Stoffströme, die zwischen dem Eintritt in das System und dem Austritt aus dem System Wärme aufnehmen, werden in der Energiebilanz als Nutzwärme ausgewiesen. Im Ergebnisausdruck können diese Stoffströme zu Nutzwärmeblöcken zusammengefasst werden, z.B. werden in Dampferzeugern die verschiedenen Druckteile eines Kessels (HD, MD, ND) als eigene Nutzwärmeblöcke betrachtet. Auch bei Prozessgaswärmetauschern wird der wärmeaufnehmende Stoffstrom als Nutzwärmeblock betrachtet. Der Programmbenutzer kann bis zu 10 solche Nutzwärmeblöcke definieren. Für alle ein- und austretenden Stoffströme, die zur Nutzwärme gehören, ist bei den Temperaturen die Nutzwärmeblocknummer anzugeben. Bei folgenden Angaben muss eine Blocknummer angegeben werden:

- Alle Ein- und Austritte von Stoffströmen mit der Stoffart 2 (Wasser/Wasserdampf) außer Zerstäuberndampf aus Fremderzeugung.
- Ein- und Austritte von Stoffströmen mit der Stoffart 5 (Prozessgas)^{*L4}, deren Temperatur am Austritt höher ist als am Eintritt.

Für Stoffströme, die nicht zur Nutzwärme gehören, ist die Blocknummer 0 anzugeben. Die Bezeichnungen der Nutzwärmeblöcke werden als Modellparameter (siehe 3.3.2.4) lastunabhängig definiert.

Anders als die Eintrittstemperaturen, die durch DimBo nicht verändert werden, dienen die meisten der vorgegebenen Austritts- und Zwischentemperaturen und Temperaturdifferenzen nur als Startwerte für die Berechnung. Es sei denn, dass eine Variationsgröße angegeben wird, durch deren Bestimmung die vorgegebene Temperatur oder Temperaturdifferenz eingehalten wird. Dieses Verfahren der Realisierung von Temperaturbedingungen ist in Abschnitt 2.6.2 beschrieben. Welche Variationsparameter zur Realisierung von Temperaturbedingungen zur Verfügung stehen, kann dem Merkblatt DimBo_MB-803 "Variationsparameter zur Realisierung von Temperaturbedingungen" entnommen werden.

3.3.5 Aufgabenstellung

Die Eingabedatei kann Aufgabenstellungen für mehrere Rechnungen (Lastfälle, Betriebspunkte) enthalten. Die einzelnen Rechnungen werden durch Nummern unterschieden. Sie werden in der Reihenfolge der Eingabe ausgeführt. Zu jeder Rechnung ist anzugeben, welche Datenbereiche (Drücke, Verfahrensparameter, Stoffströme und

Temperaturen) für die Rechnung verwendet werden sollen. Ein individueller Kommentar, eine sogenannte Nebenbemerkung, dient zur Kennzeichnung. Für jede Aufgabenstellung kann entschieden werden, ob sie als Rechnung innerhalb des Datenlaufes nicht, ohne Heizflächenunterteilung oder mit Heizflächenunterteilung ausgeführt werden soll. Darüber hinaus kann für jede zur Ausführung vorgesehene Rechnung der Umfang der Ergebnisausgabe bestimmt werden.

Das Programm DimBo kann auch für eine 'Variantenrechnung' zur Bestimmung zusätzlicher Daten für die Materialauslegung benutzt werden. Diese Variantenrechnung liefert Ergebnisse, die in einer 'normalen' wärmetechnischen Rechnung nicht enthalten sind:

- Maximale Wärmestromdichten an den Ein- und Austritten der Heizflächen.
- Maximale positive Temperaturabweichungen aus dem Vergleich mehrerer Rechnungen mit einer Basisvariante.

Die Ergebnisse der Variantenrechnung werden außerdem in einer zusätzlichen Datei mit der Extension ".bhf" abgelegt. Von dort aus können sie von anderen Programmen, z.B. von einem Programm zur Materialauslegung, eingelesen und weiter verarbeitet werden.

Bei den berechneten Wärmestromdichten ist zu beachten:

- Sämtliche Strahlräume im Bereich der Überhitzerheizflächen sind als eigene Berechnungsabschnitte einzugeben, um eine korrekte Berechnung der Einstrahlung in die Heizflächen zu gewährleisten.
- Das Berechnungsmodell in DimBo geht von einem idealen Gleich- oder Gegenstrom aus. Bei anderen Verhältnissen, z.B. bei Mehrfachschlangen, sind gesonderte Überlegungen anzustellen.

Die Variantenrechnung kann auf zweierlei Weise durchgeführt werden.

a) Variantenrechnung mit vordefinierten Varianten

Durch Vorgabe einer Programmversionsnummer > 100 wird das Programm DimBo in der Version "Variantenrechnung" ausgeführt. Hierbei sind die Parameter einer Basisvariante vorzugeben. In den zusätzlichen Varianten können Verschmutzungsfaktoren und Rauchgastemperaturen gegenüber der Basisvariante verändert werden.

Bei der Variation der Verschmutzungsfaktoren können alle Bewertungsgruppen, die bei den Verfahrensparametern der Basisvariante definiert sind, mit alternativen Verschmutzungsfaktoren für die zusätzlichen Varianten versehen werden.

Bei der Variation der Rauchgastemperatur können Zu- oder Abschläge zu den Temperaturangaben der Basisrechnung festgelegt werden. Dabei können Feuerraumendtemperaturen oder Zwischentemperaturen, welche durch eine Temperaturbedingung definiert sind, zur Variation benutzt werden.

b) Selbst definierte Varianten

Durch die Eingabe des Wertes '3' für die Angabe 'Ergebnisausgabe Zustandsverläufe' wird die zugehörige Rechnung als Basisvariante einer Variantenrechnung interpretiert. Das Programm DimBo bestimmt dann die Temperaturabweichungen für alle im gleichen Programmlauf ausgeführten Rechnungen zu dieser Basisvariante. Dabei können die Daten der anderen Rechnungen gegenüber der Basisrechnung im Rahmen der Eingabemöglichkeiten von DimBo beliebig variiert werden.

Die Anzahl der Rechnungen, die gleichzeitig mit der Basisvariante in einem Programmlauf ausgeführt werden können, ist dabei aber auf 6 beschränkt.

Je nach Anwendungsfall muss entschieden werden, ob die Variantenrechnung mit Möglichkeit a) oder b) durchgeführt wird.

Dabei erlaubt Möglichkeit b) eine umfangreichere Datenvariation; insbesondere ist die Möglichkeit a) in b) enthalten.

Dagegen ist die Variantenrechnung mit Möglichkeit a) einfacher zu handhaben, und der Ergebnisausdruck enthält einen Bereich, in dem die unterschiedlichen Eingabedaten der Varianten gegenübergestellt werden.

3.3.6 Ergebnisdarstellung

3.3.6.1 Einheiten

Für die DimBo-Ergebnistabellen kann das Einheitensystem definiert werden, in dem die Ausgabegrößen dargestellt werden. Standard ist ein metrisches System mit Kanallängen in m, Rohrabmessungen in mm, Massenströmen in kg/s, Temperaturen in °C, Drücken in bar und Wärmeströmen in MW oder kW. Es können aber stattdessen auch englische/amerikanische Einheiten (ft, in, lb/h, F, psi, Btu/h) oder alternative metrische Einheiten (kg/h, Pa) für die Ergebnisausgabe angefordert werden. Details können dem Merkblatt DimBo_MB-701 "Benutzerdefinierte Einheiten in DimBo" entnommen werden.

3.3.6.2 Tabellen

Ergebnisse zu einzelnen Rechnungen werden in der Aufgabenstellung der jeweiligen Rechnung angefordert. Es gibt aber Tabellen, welche sich nicht auf eine einzelne Rechnung beziehen, sondern Ergebnisse mehrerer Rechnungen darstellen, gegenüberstellen oder auswerten.

a) Analysedaten

Es ist festzulegen, ob eine Ausgabe der Analysenwerte der in der DimBo-Eingabedatei beschriebenen Brennstoffe, Sauerstoffträger und Prozessgase erfolgen soll. Dabei kann

gewählt werden, ob keine Analysen, nur die Brennstoffanalysen oder alle Brennstoff- und Gasanalysen ausgegeben werden sollen.

b) Werkstoffausnutzung

Bei den Modellparametern werden Kriterien für das Materialdesign festgelegt (siehe 3.3.2.3). Für eine Auswertung, ob die gewählte Konfiguration die Kriterien erfüllt, ist die entsprechende Ergebnistabelle anzufordern.

c) Datenexport

Um DimBo-Eingabedaten und Ergebnisse nicht nur durch die Auswertung der erzeugten Ergebnistabellen und Diagramme zu nutzen, wurde eine Schnittstelle für den Export von DimBo-Daten entwickelt. Ein seinerzeit für die Variantenkonstruktion von Dampferzeugern entwickeltes Programm mit dem Namen BHF hatte eine entsprechende Import-Funktion und konnte die DimBo-Daten weiter verarbeiten. Dieses Programm BHF ist nicht mehr in Gebrauch. Die Schnittstelle basiert aber auf einem Datenformat, das auch für den Datenaustausch zu anderen Softwaresystemen geeignet ist. Deshalb wurde die Schnittstelle mit der Möglichkeit zum Datenexport erhalten.

Soll ein Export vorgenommen werden, muss angegeben werden, von welcher Rechnung die Daten benutzt werden sollen.

Einzelheiten zum Datenexport und verwendeten Dateiformat können beim Programmbetreuer erfragt werden.

d) Zwischenergebnisse

Insbesondere bei der Diagnose von Rechnungen, die nicht das gewünschte Ergebnis liefern, sondern bei denen die iterative Berechnung abbricht, kann es zur Ursachenfindung hilfreich sein, Zwischenergebnisse zu analysieren. Wenn gewünscht, wird neben der regulären Ergebnisausgabe ein Fehlerprotokoll erzeugt, mit welchem der iterative Verlauf der Berechnung verfolgt werden kann. Die Analyse setzt aber vertiefte Kenntnisse der Berechnungsverfahren voraus und kann im Rahmen dieses Handbuches nicht im Detail erläutert werden. Bei Fragen ist der Programmbetreuer zu konsultieren.

3.3.6.3 Diagramme

Neben der tabellarischen Darstellung von Ergebnissen bietet DimBo die Möglichkeit, Ergebnisse in Diagrammform darzustellen (siehe 3.2.5). Anders als bei den vordefinierten Tabellen, die lediglich angefordert oder unterdrückt werden können, kann und muss bei Diagrammen die Darstellung vom Programmanwender definiert werden. Die dazu benötigten Parameter unterscheiden sich je nach Diagrammtyp.

a) Lastdiagramme

Es können mehrere Lastdiagramme beschrieben werden. Jedes Diagramm wird durch eine Nummer gekennzeichnet, über die auf die jeweilige Diagrammbeschreibung zugegriffen werden kann und die beim Anfordern von Diagrammen (siehe c)) anzugeben ist.

In den Eingabegrößen "Blatt" und "Titel" können Kommentartexte eingegeben werden, mit denen das Diagramm zusätzlich zu den "Allgemeinen Angaben" (Auftrag, Kennwort, ...) gekennzeichnet wird.

Das Diagramm kann mit einem Linienraster unterlegt werden. Bei der Gitterteilung können 1, 5 oder 10 mm als Linienabstand ausgewählt werden. Bei Gitterteilung =0 wird kein Gitter erzeugt.

Sollen mehrere Kurven in einem Diagramm dargestellt werden, ist eine Unterscheidung der Kurven durch Bezeichnungen möglich. Die Kurvenbezeichnungen können über dem Diagramm als Legende oder rechts neben dem Diagramm, jeweils auf Kurvenhöhe, platziert werden. Bei nur einer Kurve ist die Ausgabe der Kurvenbezeichnung über oder neben dem Diagramm nicht erforderlich.

Lastdiagramme dienen zur Darstellung von Funktionen. Eine Funktion wird durch eine Basisgröße (x-Achse) und eine ihr zugeordnete Darstellungsgröße (y-Achse) definiert. Welche Größen als Basis- und Darstellungsgrößen benutzt werden können, kann dem Merkblatt DimBo_MB-702 "Funktionskennzahlen der Basis- und Darstellungsgrößen" entnommen werden. Je nach Art der Größe sind außer der Funktionskennzahl noch bis zu zwei Schaltungspositionen zur Kennzeichnung der Größe anzugeben. Bei Größen, die sich nicht auf eine bestimmte Stelle der Schaltung beziehen (z.B. Wirkungsgrad), entfällt die Angabe der Schaltungsposition. Zu Absolutgrößen mit Bezug zur Schaltung (z.B. Massenstrom oder Temperatur) ist eine, bei Differenz- oder Verhältnisgrößen (z.B. Temperaturdifferenz) sind zwei Schaltungspositionen anzugeben.

Je Diagramm können zur gleichen Basisgröße bis zu 5 Darstellungsgrößen zur gemeinsamen Darstellung im Diagramm angegeben werden. Darüber hinaus kann jede der Darstellungsgrößen mit Schaltungsbezug in bis zu 5 verschiedene Kurven für unterschiedliche Schaltungsstellen aufgespalten werden, so dass maximal 25 Kurven pro Diagramm möglich sind. Um eine Darstellungsgröße mit mehreren Kurven darzustellen, können zu jeder Darstellungsgröße bis zu 5 Schaltungsstellen angegeben werden. Bei mehr als 5 Schaltungsstellen können die darzustellenden Kurven auf mehrere Darstellungsgrößen verteilt werden (z.B. 10 Kurven als 2 Darstellungsgrößen mit jeweils 5 Kurven).

Für jede Basis- oder Darstellungsgröße können die berechneten Werte in der entsprechenden Einheit (z.B. Massenstrom in kg/s) oder in % (z.B. HD-Massenstrom als

kennzeichnende Größe der Last in %) ausgegeben werden. Für die Umrechnung in eine Prozentskala ist ein Bezugspunkt durch Angabe einer Bezugsrechnung oder eines Bezugswertes und einer zugehörigen Prozentzahl zu definieren (z.B. der Wert aus Rechnung 1 entspricht 100 % oder 180 kg/s entsprechen 75 %).

Ist für eine Größe ein bestimmtes Darstellungsintervall gewünscht, in welchem die Größe im Diagramm darzustellen ist, können die Intervallgrenzen vorgegeben werden. Ohne Vorgabe der Intervallgrenzen wird ein geeigneter Darstellungsbereich vom Programm ausgewählt. Liegen die später berechneten Werte außerhalb eines vorgegebenen Darstellungsintervalls, werden die gegebenen Intervallgrenzen ignoriert.

Zu den darzustellenden Größen gehören Bezeichnungen – bei der Basisgröße die "Achsenbeschriftung" und bei Darstellungsgrößen die "Kurvenbezeichnungen". Werden keine Bezeichnungen angegeben, bestimmt das Programm selbständig – abhängig von Funktionskennzahl und Schaltungsposition – passende Bezeichnungen. Die Achsenbeschriftung der Basisgröße wird als Kommentar unter der x-Achse platziert. Die Kurvenbezeichnungen der Darstellungsgrößen werden zur Beschriftung der y-Achse benutzt (wenn der y-Achse nur eine Kurve zugeordnet ist), und sie werden über oder rechts neben dem Diagramm platziert, wenn dies gewünscht ist (siehe oben).

Ein Funktionsverlauf wird durch Stützpunkte – Wertepaare von Basis- und Darstellungsgrößen – dargestellt. Diese Werte werden während der DimBo-Rechnungen ermittelt. Es ist anzugeben, aus welchen Rechnungen Ergebnisse in die Diagramme übernommen werden sollen. Dazu sind die entsprechenden Rechnungsnummern aus der Aufgabenstellung (siehe 3.3.5) anzugeben. Im Diagramm werden die berechneten Punkte dann durch Kurven verbunden, wobei zwischen Spline-Interpolation, Polygonzug und Approximationspolynom gewählt werden kann.

Um Kurven mit Knicken oder Sprüngen darzustellen – z.B. weist die ZÜ-Einspritzung als Funktion der Last normalerweise einen Knick an der Stelle auf, an der die Einspritzung 0 wird, – können die Kurven aus mehreren (glatten) Kurvenstücken zusammengesetzt werden. Die Kurvenstücke werden dann (auf Wunsch) so extrapoliert, dass sich die Knicke als Schnittpunkte der Kurvenstücke ergeben.

Für jedes Kurvenstück sind mindestens zwei Rechnungen, deren Ergebnisse den Kurvenverlauf bestimmen sollen, anzugeben.

b) Verlaufsdiagramme

Es können mehrere Verlaufsdiagramme beschrieben werden. Jedes Diagramm wird durch eine Nummer gekennzeichnet, über die auf die jeweilige Diagrammbeschreibung zugegriffen werden kann und die beim Anfordern von Diagrammen (siehe c) anzugeben ist.

In den Eingabegrößen "Blatt" und "Titel" können Kommentartexte eingegeben werden, mit denen das Diagramm zusätzlich zu den "Allgemeinen Angaben" (Auftrag, Kennwort, ...) gekennzeichnet wird.

Wir unterscheiden drei Typen von Verlaufsdiagrammen. Beim Temperaturverlaufsdiagramm werden die Ein- und Austrittstemperaturen in den Schaltungselementen eines ausgewählten Schaltungspfades über die Schaltung dargestellt. Beim Q-t-Diagramm kommen gegenüber dem vorherigen Diagrammtyp die Temperaturen der parallelen Stoffströme in den Wärmetauscherabschnitten hinzu; es dient dazu, Rauchgas- und Mediumtemperaturen in den Heizflächen gegenüberzustellen. Beim h-p-Diagramm werden auf der Wasser-/Dampfseite die Zustandsverläufe durch die Größen h (spez. Enthalpie) und p (Druck) dargestellt.

Der Schaltungspfad wird durch die MSTA-Nummern der zu durchlaufenden Schaltungselemente beschrieben. Dabei brauchen aber nicht alle Schaltungselemente angegeben zu werden. Am Anfang steht die MSTA-Nummer, bei welcher die Darstellung starten soll, am Ende die MSTA-Nummer, welche das Ende des Schaltungsweges markiert. Soll der Verlauf bis zum Systemaustritt dargestellt werden, kann als letzte MSTA-Nummer auch eine Null eingesetzt werden. Zwischen Anfang und Ende sind weitere MSTA-Nummern nur dann anzugeben, wenn auf dem betrachteten Schaltungsweg Verzweigungen auftreten, bei denen nicht mit dem ersten Teilstrom fortgesetzt werden soll. In diesem Fall ist die MSTA-Nummer des Anschlusselementes hinter der Verzweigungsstelle in die Schaltungspfadangaben einzufügen. Ein Verlaufsdiagramm kann nur dann erstellt werden, wenn für die im Schaltungspfad aufgeführten MSTA-Nummern auch eine Stoffstromverbindung in der Schaltung existiert. Ob dies der Fall ist, wird vom Programm vor der Diagrammerstellung geprüft und ggf. erscheint eine Fehlermeldung.

Beim h-p-Diagramm können mehrere Schaltungspfade angegeben werden. Bei Dampferzeugern mit mehreren Druckstufen, welche in einem h-p-Diagramm gemeinsam darzustellen sind, wird für jede Druckstufe der jeweilige Schaltungspfad angegeben.

Zum Schluss ist anzugeben, aus welchen Rechnungen Ergebnisse in das Diagramm übertragen werden sollen. Dazu sind die jeweiligen Rechnungsnummern aus der Aufgabenstellung (siehe 3.3.5) anzugeben. Beim Temperaturverlaufsdiagramm und beim h-p-Diagramm können mehrere Rechnungen in einem Diagramm dargestellt werden. Q-t-Diagramme sind auf jeweils eine Rechnung beschränkt. In den Diagrammen werden die Kurven durch Texte gekennzeichnet. Die gewünschten Kurvenbezeichnungen können zusammen mit den Rechnungsnummern angegeben werden; wird für eine Kurve nichts angegeben, wird die Nebenbemerkung der jeweiligen Rechnung als Bezeichnung eingesetzt.

c) *Diagramme anfordern*

Das Anfordern von Diagrammen bewirkt, dass im Anschluss an die Berechnung Daten selektiert werden, mit denen dann das gewünschte Diagramm erstellt werden kann. Zu jedem angeforderten Diagramm muss eine Diagrammbeschreibung entsprechend a) oder b) vorhanden sein.

3.4 Graphische Schaltungsbearbeitung

3.4.1 Funktionsübersicht

3.4.1.1 Start der grafischen Bearbeitung

Zur Definition und Dokumentation des DimBo-Berechnungsmodells kann die Schaltung grafisch bearbeitet und dargestellt werden. Dazu werden die

- Anordnung der Schaltungselemente

und der

- Verlauf der Verbindungslinien zwischen den Schaltungselementen

definiert. Diese Angaben sind zwar für das mathematische Modell des Dampferzeugers oder Wärmetauschersystems (siehe 2.2 und 3.1.1) nicht erforderlich, sie können aber zur Veranschaulichung des Modells genutzt werden.

Im Hauptmenü des GUI (siehe 3.1.2) kann unter dem Menüpunkt "Eingabe—Modell" zwischen grafischer Eingabe und Formulareingabe gewählt werden.

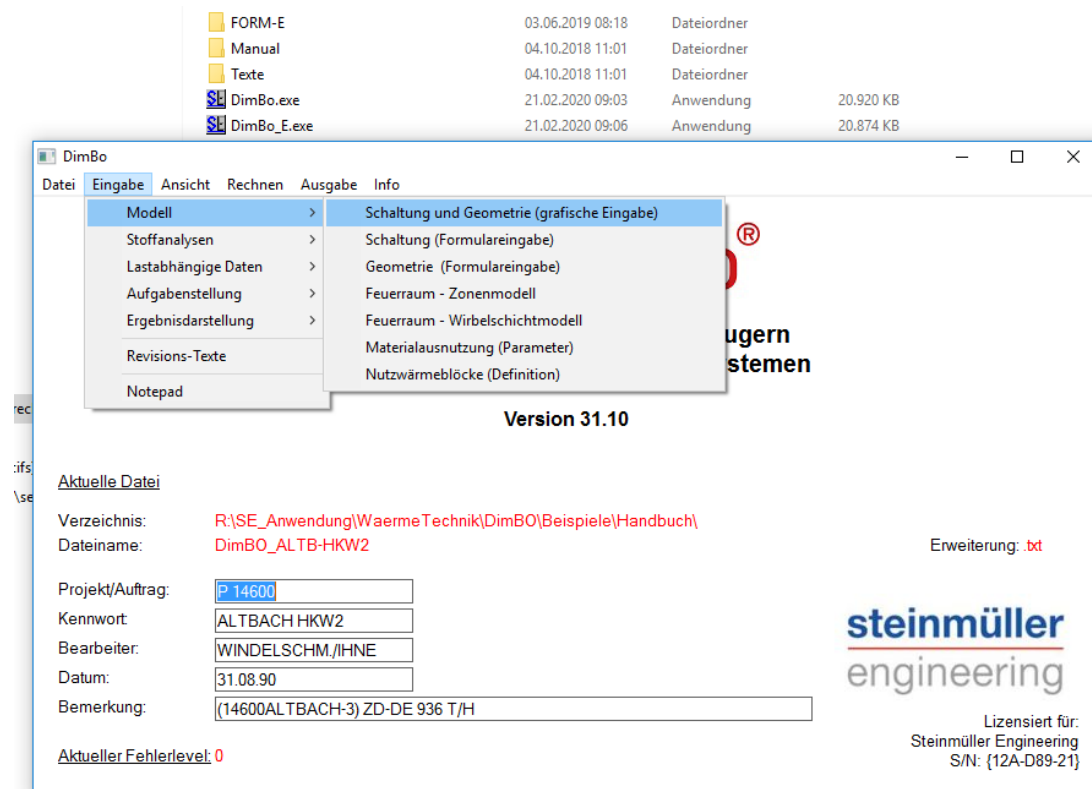


Abb. 3-2: Menü des DimBo-GUI

3.4.1.2 Hauptfenster "Grafische Schaltungsbearbeitung"

Den größten Teil des Fensters nimmt die Zeichenfläche ein, auf der die Schaltung mit folgenden grafischen Elementen dargestellt wird:

- Schaltungselemente
- Verbindungen zwischen den Elementen
- Textfelder groß/klein
- Pfeile

An der standardmäßig linken Fensterseite ist ein Auswahlfeld für die verfügbaren MSTA-Nummern dargestellt. Die bereits verwendeten MSTA-Nummern sind farblich hervorgehoben.

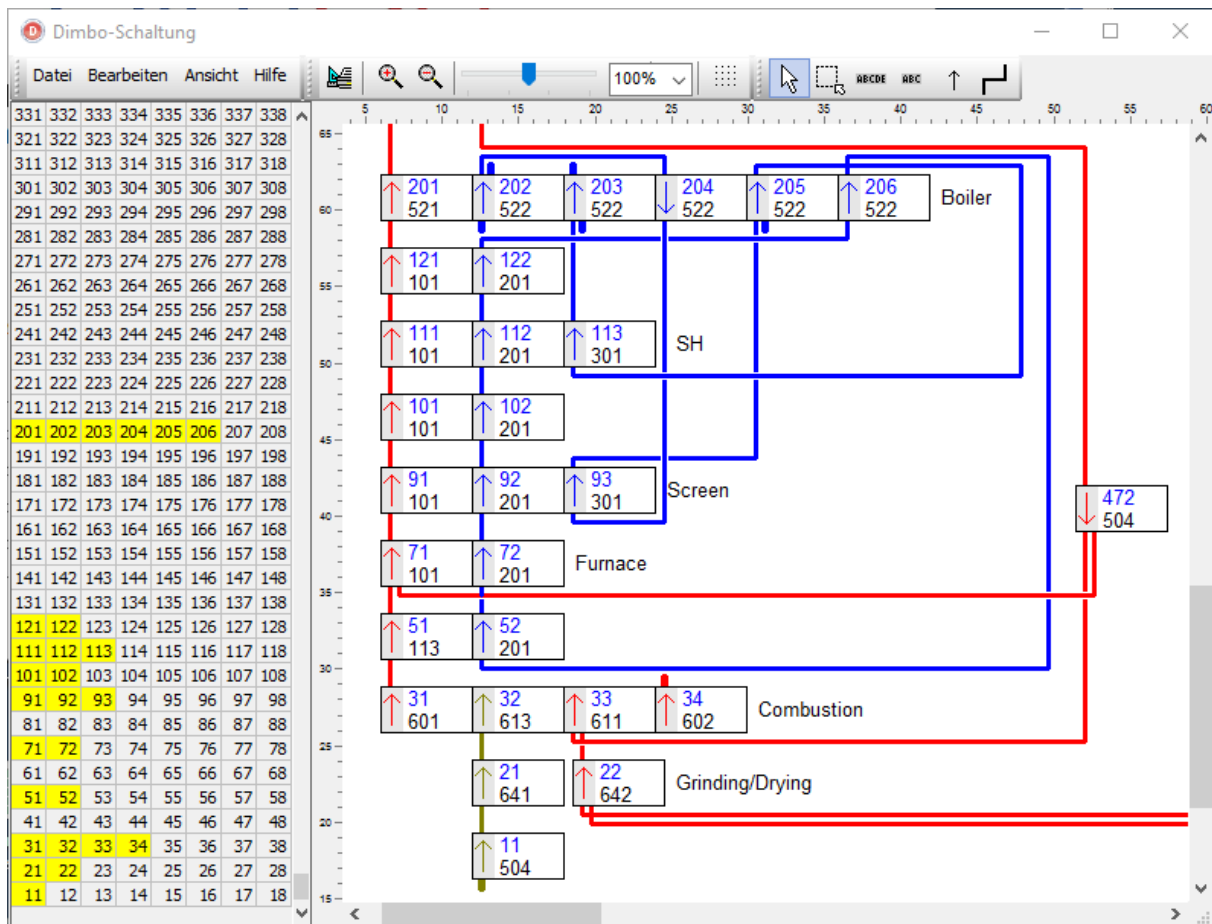



Abb. 3-3: Hauptfenster grafische Bearbeitung

Am oberen Bildrand befinden sich eine Menüleiste und zwei Werkzeugleisten.

Die Bearbeitung der Schaltung erfolgt im Wesentlichen mit der Maus, indem die zu bearbeitenden grafischen Elemente angeklickt und dadurch entsprechende Bearbeitungsfunktionen ausgelöst werden. Bei einigen Funktionen werden weitere Fenster geöffnet, in denen die Parameter der jeweiligen Funktion definiert werden können.

Mit Hilfe des Mausekursors oder mit der von der Werkzeugleiste bereitgestellten Zoom-Funktionalität kann die Darstellung in der Zeichenfläche an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden.

Zum einfachen horizontalen oder vertikalen Ausrichten von Elementen kann mit Hilfe des Schalters  ein Punktraster als Hintergrund der Zeichenfläche eingeblendet werden.

3.4.1.3 Schaltungselemente

Die Schaltungselemente werden durch Rechtecke symbolisiert und weisen folgende Details auf:

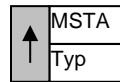


Abb. 3-4: Symbol für ein Schaltungselement

- Die MSTA-Nummer (obere Zahl im rechten Teil des Rechtecks) dient zur Kennzeichnung des Elementes.
- Die Typnummer (untere Zahl im rechten Teil des Rechtecks) definiert die Funktion des Elementes.
- Ein Richtungspfeil im linken Teil des Rechtecks definiert, ob eintretende Stoffströme (Eintritte) am unteren Rand und austretende Stoffströme (Austritte) am oberen Rand dargestellt werden oder umgekehrt.

Der Richtungspfeil – als Element der grafischen Darstellung – und die Strömungsrichtung – zur Charakterisierung von Wärmetauschern – sind unabhängig voneinander.

- Anschlusslinien für Ein- und Austritte am unteren und oberen Rand des Rechtecks werden für Verbindungen zwischen verschiedenen Elementen und für Systemein- und -austritte benutzt. Die Anschlusslinien für die ein- und austretenden Teilströme werden von links nach rechts von 1 bis maximal 9 durchnummeriert.

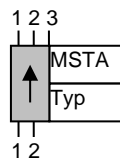


Abb. 3-5: Darstellung der Ein- und Austritte

- Die Farbe, in welcher der Richtungspfeil und die Anschlusslinien dargestellt werden, hängt von der Stoffart ab. Für jede Stoffart wird eine andere Farbe benutzt.
- Weitere Elementeigenschaften (Bezeichnung, Strömungsrichtung) werden auf der Arbeitsfläche nicht grafisch dargestellt, können aber in einem separaten Fenster zusammen mit den Verbindungen zu anderen Elementen angezeigt und bearbeitet werden.

MSTA Details

Bezeichnung
RG VWZ (max. 16 Zeichen)

Stoffart
1 - Rauchgas, Sauerstoffträger, Staub, Schlacke

Typnummer
101 - Rechteckiger Rauchgaskanal

Strömung
1 - Gleichstrom

Abschnittslänge
9,86 m Konstruktive Daten...

Eintritte

Nr.	1	2
Extern ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MSTA	51	472

Anhängen Löschen nach links nach rechts

Austritte

Nr.	1
Extern ?	<input type="checkbox"/>
MSTA	91

Anhängen Löschen nach links nach rechts

OK Abbrechen

Abb. 3-6: Elementeigenschaften

Die Möglichkeit zur Eingabe einer Abschnittslänge - wie in Abb. 3-6 dargestellt - besteht nur bei Gaskanal-Schaltungselementen mit Typnummern 100 bis 199.

Im unteren Teil des Fensters können die Anschlüsse (Ein- und Austritte) des gewählten Schaltungs-Elementes mit Hilfe der Schalter "Anhängen", "Löschen", "nach links" oder "nach rechts" bearbeitet werden.

- Wenn ein Anschluss mit einem anderen Schaltungselement verbunden ist, so wird die MSTANummer dieses Elementes angezeigt.
- Bevor ein Anschluss, der mit einem anderen Element verbunden ist, gelöscht werden kann, muss zunächst die Verbindungslinie in der Schema-Zeichnung gelöscht werden!
- Ein Anschluss, der noch nicht mit einem anderen Element verbunden ist, kann als "extern" gekennzeichnet werden. Dies bedeutet, dass der Anschluss einen Systemeintritt bzw. einen Systemaustritt darstellt und nicht mit einem anderen Schaltungselement verbunden werden kann. Externe Anschlüsse werden in der Schemazeichnung mit einer größeren Linienbreite dargestellt.

3.4.1.4 Konstruktive Daten

Für Schaltungselemente mit Typnummern, für welche konstruktive Daten erforderlich sind, bewirkt die Betätigung der Schaltfläche "Konstruktive Daten" (Abb. 3-6), dass sich ein weiteres Fenster öffnet, in welches die Geometrieparameter des Schaltungselementes eingesetzt werden können.

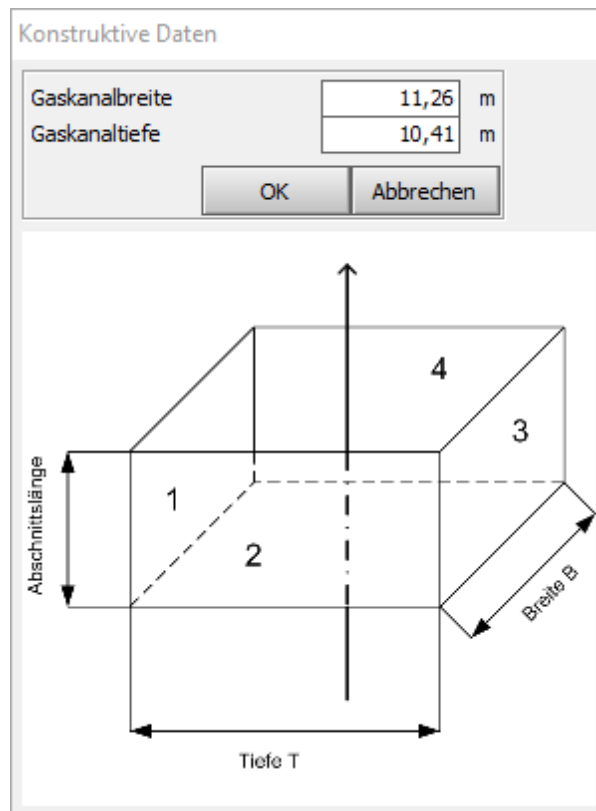


Abb. 3-7: Konstruktive Daten

- Die notwendigen Eingabewerte hängen von der Typnummer ab.
- Im unteren Teil des Fensters erscheint eine Skizze, welche die Eingabewerte erläutert. Klickt man auf die Skizze und hält die Maustaste gedrückt, wird die Skizze vergrößert. Lässt man die Maustaste wieder los, wird die ursprüngliche Größe wieder hergestellt.
- Mehrere Schaltungselemente mit identischen konstruktiven Daten können zu einer "Gruppe konstruktiver Daten" zusammengefasst werden. Die Parameter müssen dann nicht mehrfach eingegeben werden. Schaltungselemente, die zur gleichen Gruppe wie das aktuelle (orange) Schaltungselement gehören, sind gelb markiert.
- Durch Anklicken weißer Schaltungselemente können diese zur Gruppe des aktiven Schaltungselementes hinzugefügt werden. Das ist jedoch nur möglich, wenn die Typnummern der Schaltungselemente übereinstimmen.
- Durch Anklicken gelber Schaltungselemente kann eine Gruppe konstruktiver Daten aufgespalten werden. Die angeklickten, dann weißen Schaltungselemente bleiben in der

alten Gruppe mit ihren ursprünglichen Geometrieparametern. Für das aktuelle Schaltungselement und die gelb verbliebenen Schaltungselemente wird eine neue Gruppe mit den aktuellen Geometrieparametern angelegt.

- Durch Anklicken des aktiven Schaltungselementes (orange) werden alle anderen markierten Elemente (gelb) abgewählt. Für das aktuelle Schaltungselement wird eine neue Gruppe mit den aktuellen Geometrieparametern angelegt, die abgewählten, jetzt weißen Elemente bleiben in der alten Gruppe mit den ursprünglichen Geometrieparametern.
- Wenn ein Schaltungselement noch keine Geometrieparameter hat, d.h. wenn beim Öffnen des Dialogs "Konstruktive Daten" alle Eingabefelder leer sind, kann der Dialog durch Klick auf ein anderes Schaltungselement vorbelegt werden. Dabei muss das angeklickte Element die gleiche Typnummer haben wie das aktuelle Element. Das aktuelle Element wird dann der Gruppe des angeklickten Elementes hinzugefügt, alle in der Gruppe bereits vorhandenen Elemente werden gelb markiert. Soll für das aktive Element eine eigene Gruppe konstruktiver Daten angelegt werden, so können die übrigen Elemente wie oben beschrieben durch Anklicken des aktiven Elementes (orange) oder durch Anklicken der gelben Elemente abgewählt werden.


3.4.1.5 Kopieren der Daten von Schaltungselementen

Es besteht die Möglichkeit alle Eigenschaften eines Schaltungselementes (Stoffstromart, Typnummer, Strömungsart und konstruktive Daten) auf ein anderes Schaltungselement zu übertragen.

Dazu wird im Kontextmenü (Klick mit rechter Maustaste) des Elementes, dessen Daten kopiert werden sollen, der Menüpunkt "Daten kopieren" gewählt. Anschließend wird das Kontextmenü des Elementes, auf das die Daten übertragen werden sollen, aufgerufen und der Menüpunkt "Daten einfügen" angeklickt. Alle Daten, außer der Bezeichnung, werden übernommen. Die Bezeichnung wird nur übernommen, wenn für das Ziel-Element noch keine Beschriftung eingegeben wurde. Bei Gaskanälen (Typnummern 100 - 199) wird auch die Abschnittshöhe übernommen. Der Menüpunkt "Daten einfügen" ist im Kontextmenü nur aktiv, wenn vorher ein Element durch "Daten kopieren" ausgewählt wurde.

Die kopierten Daten können nacheinander auf mehrere andere Elemente übertragen werden. Noch einfacher als über das Kontextmenü können Daten über die Tastenkürzel Strg+C und Strg+V kopiert werden. Mit der Tastenkombination Strg+C werden die Daten des aktiven Elementes (orange) kopiert. Mit Strg+V werden die kopierten Daten an das aktive Element übertragen.

3.4.1.6 Gleichzeitiges Bearbeiten mehrerer Schaltungselemente

Sollen mehrere Schaltungselemente gleichzeitig bearbeitet werden, können diese mit Hilfe der Maus bei gedrückter <Shift> oder <Strg>-Taste ausgewählt werden. Alternativ kann der Gummiband-Cursor  aus der Grafik-Werkzeugleiste genutzt werden.

Die angewählten Elemente können dann gleichzeitig mit der Maus verschoben werden, indem die linke Maustaste über einem der ausgewählten Elemente gedrückt gehalten wird. Alternativ können die ausgewählten Elemente auch mit Hilfe der Pfeiltasten (auf, ab, links, rechts) der Tastatur verschoben werden. Sind ausschließlich MSTA-Elemente ausgewählt (keine Textfelder und keine Pfeile), so kann der Dialog "MSTA-Details" mit Hilfe des Kontext-Menüs aufgerufen werden indem mit der rechten Maustaste eines der gewählten Elemente angeklickt und dann der Menüeintrag "MSTA-Details.." ausgewählt wird. Alle Änderungen, welche in diesem Dialog gemacht werden, werden für alle ausgewählten Schaltungselemente übernommen.

3.4.1.7 Verbindungen

Stoffströme zwischen verschiedenen Schaltungselementen werden durch Linien dargestellt. Jede solche Linie verbindet die Anschlusslinie am Austritt des Ausgangselementes mit der Anschlusslinie am Eintritt des Zielelementes.

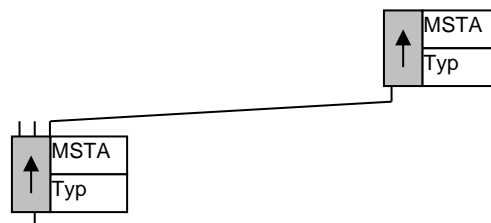


Abb. 3-8: Verbindungen

Verbindungen werden ausschließlich mit Hilfe der Maus erstellt (siehe Abschnitt 3.4.2.2). Um zu vermeiden, dass Verbindungslinien von anderen Grafikelementen ganz oder teilweise verdeckt werden, können "Knickpunkte" definiert werden.

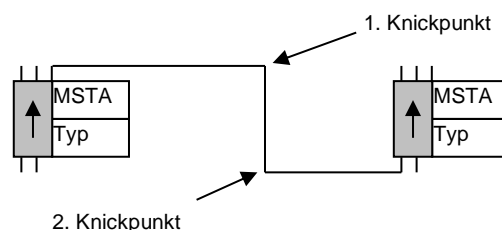



Abb. 3-9: Knickpunkte

3.4.1.8 Textfelder und Pfeile

Ohne Einfluss auf das Berechnungsmodell können Hilfselemente in der Schaltung platziert werden, mit denen die Funktionsweise der Anlage verdeutlicht wird.

Große und kleine Textfelder mit 16 bzw. 8 Zeichen und Pfeile nach rechts, links, unten und oben in verschiedenen Farben können über die Schalter  der Grafik-Werkzeugleiste in das Schaltbild eingefügt werden.

3.4.1.9 Abspeichern der Anordnung

Die Anordnung der Schaltungselemente, die Koordinaten der Knickpunkte und alle Parameter von Hilfselementen (Textfelder, Pfeile) werden gemeinsam mit den Eigenschaften der Schaltungselemente in den DimBo-Eingabedaten gespeichert. Diese Daten sind somit Bestandteile der DimBo-Schaltungsdefinition. Am Ende der grafischen Bearbeitung kann die geänderte Schaltung durch die Menüfunktion "Datei—Beenden mit Übergabe der aktuellen Schaltung" übernommen oder durch "Datei—Abbruch ohne Übergabe der Schaltung" verworfen werden.

3.4.2 Handhabung

3.4.2.1 Schaltungselemente

Erstellen eines MSTA-Elementes

- Anklicken des gewünschten Elements auf dem standardmäßig am linken Bildschirmrand angeordneten Auswahlfeld. Es können mehr als eine MSTA-Nummer in einer Zeile ausgewählt werden, indem auf die höchste einzufügende Teilstromnummer geklickt wird. Alle noch nicht eingefügten MSTA-Nummern links von der angeklickten Nummer werden ebenfalls ausgewählt.
- Klicken in die Zeichenfläche an die Position, wo das (die) MSTA-Element(e) eingefügt werden soll(en). Das erste MSTA-Element wird oberhalb der Maus eingefügt. Sind mehr als eine MSTA-Nummer markiert, so werden die entsprechenden Elemente rechts neben dem ersten Element eingefügt. Solange die Maustaste beim Einfügen gedrückt gehalten wird, können die eingefügten Elemente mit der Maus verschoben werden.

Verschieben eines MSTA-Elementes

(siehe auch "Bearbeiten mehrerer Elemente")

- Linke Maustaste auf dem Element gedrückt halten und Element mit der Maus verschieben.
- Alternativ können selektierte Elemente (gelb bzw. orange markiert) mit Hilfe der Pfeiltasten der Tastatur verschoben werden.

Löschen eines MSTA-Elementes

- Auswählen des Elementes durch einen Mausklick und anschließend Löschen durch Drücken der <Entf> Taste auf der Tastatur. Alternativ kann der Menüpunkt "Löschen" aus dem Kontext-Menü (rechte Maustaste) zum Löschen des Elementes genutzt werden.

Richtungspfeil der MSTA-Kästchen drehen

- Durch Doppelklick auf dem Pfeil wird die Richtung umgekehrt. Entsprechend werden die Anschlussseiten der Verbindungslinien vertauscht.
Die Pfeile sind nur ein zeichnerisches Hilfsmittel und sind nicht automatisch an die Strömungsrichtung geknüpft.

Eingabe von Bezeichnung, Stoffstromart, Strömungsrichtung, Typnummer und konstruktiven Daten


(siehe auch "Bearbeiten mehrerer Elemente")

- Doppelklick auf zu bearbeitendes MSTA-Element (Element erscheint orange)
- Alternativ kann das Fenster über den Eintrag "MSTA-Details..." aus Kontext-Menü aufgerufen werden.
- Im Feld "Bezeichnung" kann die Bezeichnung des MSTA-Elementes eingetragen werden
- Im Bearbeitungsfenster können oben die verschiedenen Möglichkeiten für Stoffstromart, Typnummer und Strömungsrichtung ausgewählt werden.
- Die Farbe der Verbindungslinien orientiert sich anschließend automatisch an der Stoffstromart.
- Die Strömungsrichtung beeinflusst nicht die Pfeilrichtung der MSTA-Kästchen (s. o.)
- Durch Betätigen des Buttons "Konstruktive Daten..." erscheint ein Fenster zur Eingabe der Geometrieparameter. Wenn für die gewählte Typnummer die Vorgabe konstruktiver Daten nicht erforderlich ist, so ist der Button "Konstruktive Daten..." deaktiviert.
- Bei Gaskanalabschnitten (mit Typnummer 100 bis 199) kann außer den (sonstigen) konstruktiven Daten die Abschnittslänge angegeben werden. Das ist die Ausdehnung des Gaskanals in Strömungsrichtung des Gases.
- Mit "OK" werden die Eingaben übernommen, mit "Abbrechen" verworfen.

Gleiche konstruktive Daten für mehrere Schaltungselemente


- Bei geöffnetem Fenster "Konstruktive Daten" ist das (in Bearbeitung befindliche) aktive Schaltungselement orange markiert. Schaltungselemente, die zur gleichen Gruppe konstruktiver Daten gehören, also identische Geometrieparameter aufweisen, sind gelb markiert.
- Weißes Schaltungselement anklicken: Das Schaltungselement wird zur Gruppe des aktiven Schaltungselementes hinzugefügt. Die vorhanden konstruktiven Daten des angeklickten Schaltungselementes gehen verloren. Die Farbe ändert sich in Gelb.
- Gelbes Schaltungselement anklicken: Das angeklickte Schaltungselement wird aus der aktiven Gruppe entfernt. Es wird für das Schaltungselement eine neue Gruppe angelegt, in welche die konstruktiven Daten der aktiven Gruppe kopiert werden. Anschließend können die Geometrieparameter beider Gruppen getrennt voneinander bearbeitet werden. Die Farbe ändert sich in Weiß.

Gleichzeitiges Bearbeiten mehrerer MSTA-Elemente

- Auswählen der Elemente durch Mausklick bei gedrückter <Shift> oder <Strg>-Taste.
- Alternativ auswählen der Elemente mit Hilfe des Gummiband-Cursors  aus der Grafik-Werkzeugleiste. Alle Elemente, deren Mittelpunkt innerhalb des aufgezogenen Rechtecks liegt, werden ausgewählt.
- Linke Maustaste auf einem der selektierten Elemente gedrückt halten und Elemente mit der Maus verschieben.
- Verschieben der angewählten Elemente mit Hilfe der Pfeiltasten in alle Richtungen mit Hilfe der Pfeiltasten der Tastatur.
- Sind ausschließlich MSTA-Elemente ausgewählt (keine Textfelder und keine Pfeile), so kann der Dialog "MSTA-Details" mit Hilfe des Kontext-Menüs aufgerufen, indem man mit der rechten Maustaste auf eines der gewählten klickt und dann den Menüeintrag "MSTA-Details.." auswählt. Alle Änderungen, die in diesem Dialog gemacht werden, gelten dann für alle ausgewählten Schaltungselemente.

3.4.2.2 Verbindungen

Erstellen oder Trennen einer Verbindung zwischen zwei MSTA-Elementen


Wenn zwei Schaltungselemente miteinander verbunden werden sollen, so ist zunächst der Schalter  aus der Grafik-Werkzeugleiste zu betätigen. Wenn mehr als eine Verbindung nacheinander angelegt werden soll, kann der Schalter mit Hilfe der "Caps-Lock"-Taste der Tastatur festgestellt werden.

Es gibt zwei Methoden, um Verbindungen anzulegen.

a) schnelle Methode

- Mit der linken Maustaste auf das Start-Element klicken. Wenn das Start-Element freie Austritte besitzt, so wird die Verbindungslinie an den ersten freien Austritt angeschlossen. Andernfalls wird ein neuer Austritt angelegt.
- Mit der rechten Maustaste auf das Ziel-Element klicken. Wenn das Ziel-Element freie Eintritte besitzt, so wird die Verbindungslinie an den ersten freien Eintritt angeschlossen. Andernfalls wird ein neuer Eintritt angelegt. Alternativ zum Klick mit der rechten Maustaste kann auch ein Doppelklick mit der linken Maustaste ausgeführt werden.

b) detaillierte Methode (d. h. mit Auswahl der Teilstromnummer)

- Anlegen aller Anschlüsse für Ein- und Austritte für das Start-Element mit Hilfe des Dialogs "MSTA-Details".
- Anlegen aller Anschlüsse für Ein- und Austritte für das Ziel-Element mit Hilfe des Dialogs "MSTA-Details".
- Schalter  der Grafik-Werkzeugleiste drücken.
- Wird die Maus exakt zur Position eines freien, nicht externen Austritts des Start-Elementes bewegt, so verwandelt sich der Cursor zu einem Fadenkreuz. Ein Klick mit der linken Maustaste auf den Anschluss erzeugt die Verbindung.
- Wird die Maus exakt zur Position eines freien, nicht externen Eintritts des Ziel-Elementes bewegt, so verwandelt sich der Cursor zu einem Fadenkreuz. Ein Klick mit der linken Maustaste auf den Anschluss schließt die Verbindung.

Knickpunkte der Verbindungslinien

- Während des Erstellens der Verbindung wie oben beschrieben, erzeugt jeder Klick mit der linken Maustaste auf dem Weg vom Start- zum Ziel-Element einen neuen Knickpunkt.
- Knickpunkte können mit gedrückter linker Maustaste verschoben werden.
- Ein ausgewählter Knickpunkt (blinkt gelb) kann auch mit Hilfe der Pfeiltasten der Tastatur verschoben werden.
- Wird eine Verbindung durch einen Mausklick selektiert, so erscheinen jeweils in der Mitte zwischen zwei Knickpunkten weiße "Anfasser". Werden diese Anfasser bei gedrückter linker Maustaste verschoben, so werden sie zu neuen Knickpunkten.



Trennen einer Verbindung zwischen zwei Elementen

Zum Entfernen einer Verbindung wird diese durch Klick mit der Maus selektiert. Durch Drücken der <Entf>-Taste der Tastatur wird die Verbindung gelöscht. Alternativ kann der Menü-Eintrag "Löschen" aus dem Kontext-Menü genutzt werden.


Mit Hilfe des Menüpunktes "Trennen" aus dem Kontext-Menü kann eine Verbindung von einem Schaltungselement abgetrennt werden. Wenn der rechte Mausklick zum Aufruf des Kontext-Menüs in der Nähe des Start-Elementes erfolgte, so wird die Verbindung vom Start-Element abgetrennt, erfolgte der Mausklick in der Nähe des Ziel-Elementes, so wird die Verbindung vom Ziel-Element getrennt. Das offene Ende der Verbindung kann nun mit einem anderen Element oder mit einem anderen Anschluss des gleichen Elementes verbunden werden, indem man den Endpunkt auf einen geeigneten Anschluss zieht. Ein selektierter Endpunkt (blinkt gelb) kann auch mit Hilfe der Pfeiltasten der Tastatur verschoben werden.

3.4.2.3 Textfelder und Pfeile

Textfelder

- Nach Auswahl eines großen Textfeldes über den Button  oder Auswahl eines kleinen Textfeldes über den Button  wird das Textfeld durch einen Maus-Klick in die Zeichenfläche erzeugt.
- Zum Einfügen mehrerer Textfelder hintereinander kann der Button mit Hilfe der "Caps-Lock"-Taste der Tastatur festgestellt werden.
- Textfelder können mit gedrückter linker Maustaste verschoben werden.
- Die Textlänge für ein großes Textfeld beträgt maximal 16 Zeichen, für ein kleines Textfeld maximal 8 Zeichen.
- Der Dialog zur Eingabe des Textes kann durch Doppelklick auf das Textfeld oder über den Eintrag "Bearbeiten..." des Kontextmenüs des Textfeldes aufgerufen werden.
- Ein selektiertes Textfeld kann durch Drücken der <Entf>-Taste der Tastatur oder über das Kontext-Menü des Textfeldes gelöscht werden

Pfeile

- Nach Auswahl des Pfeil-Symbols  in der Grafik-Werkzeugleiste wird das Textfeld durch einen Maus-Klick in die Zeichenfläche erzeugt.
- Zum Einfügen mehrerer Pfeile hintereinander kann der Button mit Hilfe der "Caps-Lock"-Taste der Tastatur festgestellt werden.
- Auswahl von Farbe und Richtung des Pfeils erfolgt Doppelklick auf dem Pfeil und Auswahl (Anklicken) der Farbe aus der Palette.

- Alternativ kann die Palette über den Eintrag "Bearbeiten..." des Kontext-Menüs des Pfeils aufgerufen werden.
- Ein selektierter Pfeil kann durch Drücken der <Entf>-Taste der Tastatur oder über das Kontext-Menü des Pfeils gelöscht werden

3.4.2.4 Menüfunktionen (sonstige)

Menü "Datei": Abspeichern, Laden, Beenden

- Die Informationen für die graphische Darstellung der Schaltung werden von DimBo in der Eingabe-Datei mit abgespeichert. Wird die graphische Oberfläche von DimBo aus aufgerufen, so werden die Informationen für die graphische Darstellung an das Schaltungsprogramm übergeben.
- Zwischenspeichern über "Zwischenspeichern". Dabei werden die Schaltungsinformationen nur in einer temporären Datei abgelegt, um sie vom Schaltungsprogramm aus zurückholen zu können (über "Zuletzt gespeicherte Schaltung laden"). Das eigentliche Abspeichern erfolgt nur über DimBo!
- Über "Zwischengespeicherte Schaltung laden" werden die Schaltungsdaten einer Zwischenspeicherung ("Zwischenspeichern") eingelesen. Damit lässt sich auch eine Schaltung, die für eine DimBo-Datei erstellt wurde, auf eine andere DimBo-Datei übertragen (s. u.).
- Verlassen des Schaltungsprogramms:
 - a) Mit Übergabe der aktuellen Schaltungsinformationen an DimBo über "Beenden mit Übergabe der aktuellen Schaltung".
 - b) Ohne Übergabe von Schaltungsinformationen an DimBo über "Abbruch ohne Übergabe der Schaltung".
- Übertragen einer Schaltung von einer DimBo-Datei auf eine andere (z. B. wenn mehrere Dateien für einen Kessel existieren):
 - a) Schaltungsbearbeitung der Ausgangsdatei starten.
 - b) Abspeichern der Schaltung mit der Menüfunktion "Datei—Zwischenspeichern".
 - c) Beenden oder Abbruch der Bearbeitung für die Ausgangsdatei.
 - d) Zieldatei öffnen.
 - e) Schaltungsbearbeitung der Zieldatei starten.
 - f) Übertragen der Schaltung aus der Ausgangsdatei mit der Menüfunktion "Datei—Zwischengespeicherte Schaltung laden".
 - g) Schaltung eventuell weiter bearbeiten.
 - h) Beenden der Bearbeitung mit Schaltungsübergabe.
Dabei geht die ursprüngliche Schaltung der Zieldatei verloren.

Menü "Bearbeiten": Abschnittslängen

- Dieser Menüpunkt zeigt den Dialog "Abschnittslängen". Hier können die Abschnittslängen und geodätischen Höhen bearbeitet werden, siehe auch Kapitel 3.3.2.2, Abschnitt "b) Abschnittslängen und geodätische Höhen".

Menü "Bearbeiten": Bestiftung und Bestampfung

- Dieser Menüpunkt zeigt den Dialog "Bestiftung und Bestampfung". Hier können die Daten für die Heizflächen, die mit einer Stampfmasse geschützt sind, eingegeben werden, siehe auch Kapitel 3.3.2.2, Abschnitt "c) Bestiftungs- und Bestampfungsguppen". Die Zuweisung der MSTA-Nummern zu der jeweils aktiven Gruppe erfolgt durch Auswählen der entsprechenden Positionen in der Schaltung.

Menü "Bearbeiten": Aufrücken

- MSTA-Nummern müssen innerhalb eines Abschnittes lückenlos vergeben werden. Wenn durch das Löschen von MSTA-Elementen Lücken entstehen, kann über diesen Menüpunkt wieder eine lückenlose Reihenfolge hergestellt werden.

3.4.2.5 Allgemeines und Tipps

- Solange ein Dialogfenster geöffnet ist, sind die meisten anderen Operationen nicht möglich.
- Beim Zwischenspeichern wird die aktuelle Schaltung nur in einer temporären Datei abgespeichert. Über "Öffnen" kann die zwischengespeicherte Schaltung wieder geladen werden. Die Abspeicherung der DimBo-Eingabedatei (inkl. der Schaltungsdaten) erfolgt grundsätzlich nur über DimBo, d.h. ohne Abspeicherung in DimBo gehen die Schaltungsangaben verloren.

3.5 Ausgabebeschreibung

3.5.1 Tabellarische Ergebnisausgabe

3.5.1.1 Aufbau der Ausgabedatei

Die Berechnungsergebnisse des Programms DimBo werden in eine Ausgabedatei geschrieben. Sie besteht aus mehreren Teilen, welche vom Programmbenutzer bei der Aufgabenstellung (siehe 3.3.5) zu den einzelnen Rechnungen oder als rechnungsübergreifende Tabellen (siehe 3.3.6.2) angefordert (oder unterdrückt) werden können.

Ergebnisse, die sich auf bestimmte Rechnungen beziehen, werden in der Reihenfolge in die Ergebnisdatei geschrieben, in der die Rechnungen ausgeführt werden.

Die Ausgabedatei ist für die Ausgabe auf einem Drucker vorgesehen. Sie besteht meist aus mehreren Seiten mit je maximal 66 Zeilen und 132 Zeichen pro Zeile. Vor der Druckausgabe können die Ergebnisse aber auch am Bildschirm begutachtet werden. Für eine geeignete Darstellung kann die Textgröße an die Bildschirmauflösung angepasst werden.

Falls Last- oder Verlaufsdiagramme angefordert wurden, werden die Daten, die in den Diagrammen dargestellt werden sollen, zusammen mit allen anderen erforderlichen Angaben in eine zusätzlich erstellte Graphik-Eingabedatei geschrieben.

3.5.1.2 Ausgabe der Brennstoff^{*L2} und Sauerstoffträgerdaten

Übergreifend über alle Rechnungen können die Daten für alle in der Eingabedatei vorhandenen Brennstoffe und Sauerstoffträger ausgegeben werden. Wird diese Ausgabe gewünscht, so erscheinen diese Daten am Anfang der Ausgabedatei vor den Daten zu den einzelnen Rechnungen.

Die Darstellung entspricht der Form, in der die Daten vorgegeben wurden, d.h. sie ist abhängig von der Analysenart. Unabhängig von einem benutzerdefinierten Einheitensystem für die Ergebnistabellen (siehe 3.3.6.1) erfolgt die Ausgabe der Brennstoff- und Sauerstoffträgerdaten mit SI-Basiseinheiten.

Später, bei den Bilanzen der einzelnen Rechnungen, besteht eine weitere Möglichkeit Brennstoff- und Sauerstoffträgeranalysen auszugeben. Dabei erfolgt die Ausgabe der Brennstoffdaten aber unabhängig von der Analysenart immer als vollständige Elementaranalyse, und die Sauerstoffträgeranalysen werden als vollständige Molekularanalysen in Massenanteilen ausgegeben.

3.5.1.3 Ausgabe der Reaktivitätskoeffizienten^{*L2}

Wurden für die Reaktivitätskoeffizienten andere Werte als die Standardwerte eingesetzt, werden die durch den Programmanwender veränderten Werte unter Angabe der zugehörigen Standardwerte ausgegeben.

Die Ausgabe eventuell veränderter Reaktivitätskoeffizienten kann durch den Programmanwender nicht unterdrückt werden.

3.5.1.4 Diagnose-Info

Vor den eigentlichen Berechnungsergebnissen der Rechnungen erscheint jeweils eine Diagnoseinformation, welcher der Programmanwender entnehmen kann, ob ein reguläres Ergebnis zustande gekommen ist und ob die gestellte Aufgabe gelöst werden konnte.

Für ein reguläres Berechnungsergebnis dürfen sich die berechneten Temperaturen in den letzten beiden Iterationsschritten nicht mehr unterscheiden. Außerdem müssen die Energie- und Massenbilanzen aller Abschnitte erfüllt sein. Um dies überprüfen zu können, werden die Temperaturabweichungen zwischen dem letzten und dem vorletzten

Iterationsschritt und die Bilanzfehler der Energie- und der Massenbilanzen aller Abschnitte ausgegeben.

Zur Aufgabenstellung bei den Stoffstrom- und Temperaturbedingungen wird ausgegeben, welche Werte vorgegeben wurden, ob die vorgegebenen Werte erreicht wurden und wie die Variationsparameter zum Erreichen der vorgegebenen Werte verändert wurden.

Bei einer Rechnung mit Heizflächenunterteilung wird angezeigt, welchen Einfluss die Heizflächenunterteilung hatte. Bei einer Rechnung ohne Heizflächenunterteilung werden mögliche Fehler durch die fehlende Heizflächenunterteilung angezeigt, wenn diese einen Grenzwert überschreiten. Diese Information kann benutzt werden, um zu entscheiden, ob mit oder ohne Heizflächenunterteilung gerechnet werden sollte.

Der Wärmeübergang an querangeströmten Heizflächen kann einerseits als Gleich-/Gegenstrom oder andererseits als Kreuz-/Kreuzgleich-/Kreuzgegenstrom berechnet werden. Das Programm vergleicht am Ende der Berechnung die mittleren Temperaturdifferenzen, die sich aus beiden Modellen ergeben. Die Abweichung des Kreuzstromwertes vom Gleich-/Gegenstromwert wird für alle Kreuzstromheizflächen und für alle Gleich-/Gegenstromheizflächen, bei denen die Abweichung einen Grenzwert überschreitet, ausgegeben. Anhand dieser Ausgabe kann der Programmanwender entscheiden, ob eine Berechnung mit dem Modell des Gleich- oder Gegenstroms ausreicht, oder ob eine Berechnung mit der aufwendigeren Kreuzstromtheorie erforderlich ist.

Die Diagnoseinformation kann nicht unterdrückt werden.

Unabhängig von einem benutzerdefinierten Einheitensystem für die Ergebnistabellen (siehe 3.3.6.1) erfolgt die Ausgabe der Diagnoseinformation mit SI-Basiseinheiten.

3.5.1.5 Ausgabe der Bilanzen

Bei diesem Teil der Ausgabe kann zwischen 3 verschiedenen Formen gewählt werden.

- keine Ausgabe
- Standardausgabe...
- erweiterte Ausgabe.

Die Standardausgabe enthält folgende Ausgabeblöcke:

- Nutzwärme
Massen- und Energiebilanz der Stoffströme zur Nutzwärme, sortiert nach Nutzwärmeblocknummern.
- Brennstoffe *L2
Massenströme und Analysen der zugeführten Brennstoffe. Die Ausgabe der Analyse erfolgt als vollständige Elementaranalyse.

- Verbrennungsabschnitte *L2
Massen- und Energiebilanz für jeden in der Schaltung vorhandenen Verbrennungsabschnitt mit den Verbrennungsparametern.
- Massen- und Energiebilanzen der Schaltungselemente Mahltrocknung, Luvo, Quenche und Wasserabscheider.
- Zugeführte Energieströme.
- Energieverluste.
- Energiewirkungsgrad in Anlehnung an die Normen EN 12952 und ASME PTC.
- Analysen der gas- und staubförmigen Stoffströme
Es werden die Analysen aller Stoffströme mit den Stoffarten 1 und 5 an den Schaltungsein- und -austritten, hinter der Verbrennung, vor und hinter der Mahltrocknung und bei Stoffstrommischungen ausgegeben.
- Benutzerdefinierten Stoffarten
Parameter aller verwendeten benutzerdefinierten Stoffarten, ergänzt um die druck- und temperaturabhängigen Stoffwerte an den Schaltungsein- und -austritten.
- Benutzerdefinierte Oxidationspfade
Für benutzerdefinierte Oxidationspfade bei Prozessgasen: Stoffumsetzung einschließlich der Massen-, Mol- und Volumenanteile der Komponenten NO, NO₂ und O₂ sowie die bei der Oxidation freigesetzte Oxidationswärme entlang dieser Pfade.

Die erweiterte Ausgabe enthält zusätzlich zur Standardausgabe noch folgende Ausgabeblöcke:

- Energiebilanz und Zustandsänderungen in den Wärmeübertragungsabschnitten (Typnummern 521/522).
- Wirkungsgradberechnung in Anlehnung an die Normen EN 12952 und ASME PTC mit jeweiliger Umrechnung der Einzelpositionen zur zugeführten Energie und zu den Verlusten in Prozent bezogen auf die gesamte zugeführte Energie.
- Ausführlichere Angaben zu den Stoffströmen mit der Stoffart 1. Ausgegeben werden:
 - Gasanalysen in Massen- und Volumenanteilen feucht, trocken und (für Rauchgas) bei Bezugs-O₂
 - Stoffwerte der Gasgemische
 - Gasförmige Emissionswerte für verschiedene Bezugszustände in unterschiedlichen Einheiten, wenn das Rauchgas eine der Komponenten CO, H₂, SO₂, SO₃, NO, NO₂, N₂O, HCl oder HF enthält.
 - Staubanalysen.

3.5.1.6 Ausgabe der Zustandsverläufe und Materialdaten

Bei diesem Teil der Ausgabe kann zwischen 4 verschiedenen Formen gewählt werden.

- keine Ausgabe

- Zustandsverläufe
- Zustandsverläufe
 - + Zwischentemperaturen für die Rohrlagen von Bündelheizflächen und Heizflächenspiralen
 - + maximale Wärmestromdichten
 - + Materialtemperaturen und -massen
- Zustandsverläufe
 - + Zwischentemperaturen für die Rohrlagen von Bündelheizflächen und Heizflächenspiralen
 - + maximale Wärmestromdichten
 - + Materialtemperaturen und -massen
 - + maximale Abweichungen der Mediumtemperaturen aus dem Vergleich mehrerer Rechnungen

Bei den Zustandsverläufen werden die Stoffströme mit den Stoffarten 1, 2, 5 und 6 durch die Schaltung in Strömungsrichtung bis zu ihren Austritten verfolgt. Für jedes Schaltungselement, welches der Stoffstrom durchläuft, werden der Ein- und der Austrittszustand sowie die Zustandsänderung ausgegeben. Bei Verzweigungen von Stoffströmen wird zunächst der erste Teilstrom weiterverfolgt. Ist er abgearbeitet, wird die Ausgabe hinter der Verzweigungsstelle mit dem zweiten Teilstrom fortgesetzt.

Bündelheizflächen und Heizflächenspiralen bestehen meist aus mehreren Rohrlagen bzw. Spiralebene, welche parallel oder hintereinander durchströmt werden.

- Eine Parallelschaltung liegt vor, wenn das Heizflächenmedium vor dem Eintritt in die Heizflächenrohre auf die Rohrlagen verteilt und mit jeweils gleichem Zustand in die Rohrlagen eintritt.
- Eine Hintereinanderschaltung liegt bei einem Bündel mit einer "eingängigen" Rohrschlange vor, bei welchem das Heizflächenmedium zuerst die erste Rohrlage, dann die zweite Rohrlage und danach alle weiteren Rohrlagen des Bündels durchströmt.
- Bei "mehrgängigen" Bündeln liegt eine Kombination von Parallel- und Hintereinanderschaltung vor. Mehrere Rohrlagen bilden einen Durchgang, und alle Rohre dieses Durchgangs werden parallel durchströmt. Das Bündel besteht aber insgesamt aus mehreren solchen Durchgängen, welche hintereinander von dem Heizflächenmedium durchlaufen werden.

Durch die Ausgabe der Zwischentemperaturen kann der Temperaturverlauf des Heizflächenmediums auf seinem Weg durch die Rohrlagen genauer untersucht werden. Neben den Mediumtemperaturen werden auch mittlere Rohrwandtemperaturen ausgegeben, um mit dieser Information eventuell eine Materialstufung vorzunehmen.

Die Ausgabe der maximalen Wärmestromdichten kann für eine anschließende Materialauslegung genutzt werden. Sie erfolgt bei allen Stoffströmen mit der Stoffart 2 in der gleichen Reihenfolge wie die Ausgabe der Zustandsverläufe. Anschließend werden für alle Bündelheizflächen, sortiert nach MSTA-Nummern, die Wärmestromdichten in den ersten und letzten 3 Rohrreihen ausgegeben.

Danach erscheinen für alle Heizflächen die Materialtemperaturen an Ein- und Austritt sowie die Heizflächenmassen und Betriebsinhalte. Die Berechnung der Materialtemperaturen – Temperatur in der Rohrwandmitte sowie bei Rippenrohren Rippenfuß- und -kopftemperatur – basiert auf der Methode der maximalen lokalen Wärmestromdichten.

Ebenfalls für die Materialauslegung können die maximalen positiven Abweichungen der Mediumtemperaturen aus dem Vergleich mehrerer Variantenrechnungen mit einer Basisrechnung genutzt werden. Wird für eine Rechnung diese Auswertung gewünscht, so wird diese Rechnung als Basisrechnung und die übrigen Rechnungen des Datenlaufs als Varianten interpretiert. Die ermittelten Maximalwerte werden an das Ende der Ausgabezeilen für die Wärmestromdichten gesetzt. In einer zusätzlichen Tabelle werden neben den Mediumtemperaturen der Basisrechnung die zugehörigen Abweichungen der entsprechenden Werte aus allen gerechneten Varianten unter Kennzeichnung der Maximalwerte nebeneinander ausgegeben.

3.5.1.7 Ausgabe der Wärmeübertragung

Die Ausgabe für die Wärmeübertragung enthält für jede Heizfläche die Wärmeübergangskoeffizienten für den Wärmeübergang zwischen dem Medium in der Heizfläche und dem Medium, welches die Heizfläche umströmt. Diese einzelnen Wärmeübergangskoeffizienten werden zu einem Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Wert) zusammengefasst, der ebenfalls ausgegeben wird. In der gleichen Tabelle erscheinen noch folgende Werte:

- Größe der Heizfläche (Oberfläche).
- mittlere (logarithmische) Temperaturdifferenz zwischen den Medien. Dieser Wert gilt für das vereinfachte Modell des Wärmeaustausches zwischen zwei Stoffströmen ohne Wärmezufuhr- oder -abfuhr an andere Medien. Da programmintern ein komplizierteres Modell für den Wärmeaustausch verwendet wird, ist der ausgegebene Wert ein Orientierungswert, der in dieser Form nicht in die Berechnung der Wärmeübertragung eingegangen ist.
- Heizflächenbewertung.

Die Ausgabe der Wärmeübergänge erfolgt abschnittsweise in der Reihenfolge der Abschnittsnummern.

Enthält die Schaltung Heizflächen mit Bestiftung und Bestampfung, so wird in einer Zusatz-Tabelle der Einfluss der Beschichtung auf den Gesamtwärmedurchgang (k-Wert) dargestellt. Den wesentlichen Einfluss übt der Wärmewiderstand der Kombination aus Stiften und Stampfmasse mit den Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Materialien aus. Bezüglich der Geometrieparameter und Materialien wird auf die Parameter der jeweiligen Bestiftungs- und Bestampfungsgruppe bei den konstruktiven Daten verwiesen (siehe 3.5.1.8).

Wird die erweiterte Form der Ausgabe zur Wärmeübertragung angefordert, werden zwei zusätzliche Tabellen erzeugt.

a) Umrechnung Fouling in äquivalente Verschmutzungsfaktoren

Für vorgegebene Fouling-Werte werden äquivalente Verschmutzungsfaktoren ausgegeben, die bei einer Rechnung ohne Fouling zu entsprechenden k-Werten beim Wärmeübergang zwischen umgebendem Gas und Heizfläche führen würden. Außerdem werden die Oberflächentemperaturen mit und ohne Fouling gegenübergestellt und die Koeffizienten für die Wärmeübergänge durch Gasstrahlung, die sich mit den Oberflächentemperaturen ohne Fouling ergeben, ausgegeben.

Diese Tabelle wird nur erzeugt, wenn für mindestens eine Heizfläche ein Fouling-Wert auf der Außenseite > 0 vorgegeben ist. Die Tabelle hat dann das gleiche Format, wie die Standardtabelle zur Wärmeübertragung, so dass die Tabellen leicht verglichen werden können.

b) Strahlungsaustausch zwischen den Abschnitten

Für jeden Abschnitt werden folgende Wärmeströme ausgegeben:

- Abstrahlung des Rauchgases in die benachbarten Abschnitte.
- Einstrahlung in die Heizflächen infolge Abstrahlung aus Nachbarabschnitten.
- Strahlungs- und Leitungsverluste des Abschnitts und ihre Zuordnung zu den Stoffströmen.

Die Reihenfolge der Ausgabe ergibt sich wieder aus den verwendeten Abschnittsnummern.

3.5.1.8 Ausgabe der konstruktiven Daten

Bei den konstruktiven Daten werden Geometrieparameter der Schaltungselemente ausgegeben, die durch konstruktive Daten beschrieben werden. Dies ist immer der Fall für Schaltungselemente mit den Typnummern 100 bis 499. Bei den Typnummern 511, 513 und 514 können konstruktive Daten wahlweise angegeben werden, die – wenn vorhanden – ebenfalls ausgegeben werden.

Die Tabelle der konstruktiven Daten besteht aus 2 Teilen, die sich durch die Sortierung und die ausgegeben Werte unterscheiden:

- Der erste Teil der Ausgabe enthält im Wesentlichen die vorgegeben Parameter zur geometrischen Beschreibung der Schaltungselemente. Er ist sortiert nach den verwendeten Typnummern. Innerhalb der Schaltungselemente mit gleicher Typnummer erfolgt die Ausgabe in der Reihenfolge der MSTA-Nummern.

Außer den vorgegebenen Werten enthält die Ausgabe noch die aus den geometrischen Daten berechneten Oberflächen und bei Membranrohrwänden auch noch die projizierten Oberflächen.

- Der zweite Teil ist sortiert nach den verwendeten Rohrmaterialien und Rohrabmessungen. Außer Werkstoff, Rohraußendurchmesser und Rohrwanddicke werden Rohrlängen und Materialmassen für jedes Schaltungselement, aber auch die Summen dieser Werte für alle Schaltungselemente mit gleichem Werkstoff und gleicher Abmessung ausgegeben. Schließlich enthält die Tabelle noch für jeden Werkstoff die Gesamtsumme der zugehörigen Materialmassen.

Wurden im Rahmen einer Auslegungsrechnung die Abschnittslängen verändert, so enthält die Ausgabe die neuen Abschnittslängen und die entsprechend veränderten Daten der Heizflächen dieser Abschnitte.

Im Fall, dass die Eingabeparameter Angaben zu Bestiftung und Bestampfung enthalten, werden in einer Zusatz-Tabelle die entsprechenden Eingabeparameter ausgegeben. Außer den geometrischen Parametern und den gewählten Materialien werden zusätzlich die Wärmeleitfähigkeiten der Materialien bei typischen Anwendungstemperaturen dargestellt.

Alle Rechnungen, in denen keine Heizflächenauslegung durchgeführt wird, verwenden die gleichen konstruktiven Daten. Deshalb sollten die konstruktiven Daten bei mehreren Rechnungen nur für eine dieser Rechnungen ausgegeben werden.

Zusätzlich zu den konstruktiven Daten der Schaltungselemente kann noch die Ausgabe der geodätischen Höhen angefordert werden. Die Ausgabe erfolgt abschnittsweise, sortiert nach Abschnittnummern. Für jedes Schaltungselement werden die für den Ein- und Austritt berechneten geodätischen Höhen ausgegeben. Werte, die als Eingabewerte vorgegeben waren, werden als solche gekennzeichnet.

Außer den beiden vorherigen Ausgabeteilen kann noch die Ausgabe der Strahlungsaustauschlängen angefordert werden. Diese Strahlungsaustauschlängen bestimmen den Strahlungsaustausch zwischen den Heizflächen eines Abschnitts. Das Programm DimBo berechnet diese Werte nach einem Standardverfahren. Es können aber auch Werte durch den Programmbenutzer vorgegeben werden. Die Ausgabe der Strahlungsaustauschlängen kann benutzt werden, um die Werte, die sich aus dem

Standardverfahren ergeben, zu begutachten oder um die vorgegebenen Werte zu überprüfen und zu dokumentieren.

3.5.1.9 Ausgabe der Rauchgas-Verweilzeiten

Bei der Ausgabe der Verweilzeiten kann gewählt werden, ob

- keine Verweilzeiten
- die Verweilzeiten des Rauchgases in Gaskanalabschnitten
- die Verweilzeiten des Rauchgases in Gaskanalabschnitten und Temperaturzonen

ausgegeben werden sollen.

Bei den Verweilzeiten in den Gaskanalabschnitten wird für jeden Abschnitt die Zeit ausgegeben, die das Rauchgas zum Durchlaufen des Abschnitts mindestens benötigt. Daneben erscheinen für jeden Abschnitt die Ein- und Austrittstemperatur, der Rauchgasvolumenstrom, die mittlere (freie) Querschnittsfläche, die maximale Rauchgasgeschwindigkeit (im engsten Querschnitt) und die im Abschnitt berücksichtigte Weglänge für das Rauchgas. Außerdem werden die Verweilzeiten und Weglängen entlang des Rauchgasweges aufsummiert.

Bei den Verweilzeiten in Temperaturzonen wird für folgende Temperaturbereiche die Verweilzeit des Rauchgases ausgegeben:

Zone 1	über 1100 °C
Zone 2	1100 - 1000 °C
Zone 3	1000 - 975 °C
Zone 4	975 - 950 °C
Zone 5	950 - 925 °C
Zone 6	925 - 900 °C
Zone 7	900 - 875 °C
Zone 8	875 - 850 °C
Zone 9	850 - 825 °C
Zone 10	825 - 800 °C
Zone 11	800 - 700 °C
Zone 12	700 - 600 °C
Zone 13	600 - 500 °C

Außerdem werden die berücksichtigten Weglängen, die das Rauchgas in den jeweiligen Temperaturzonen zurücklegt, und die Summen von Verweilzeiten und Weglängen entlang des Rauchgasweges ausgegeben.

3.5.1.10 Ausgabe der Materialausnutzung

Falls in der Dateneingabe angefordert (siehe 3.3.6.2), wird eine Ergebnistabelle erstellt, in welcher für alle Heizflächenrohre die Materialausnutzung angegeben wird. Die Tabelle enthält folgende Informationen:

- MSTA-Nummer und Bezeichnung
- Rohrwerkstoff
- Rohraußendurchmesser
- Gegebene und erforderliche Rohrwanddicke. Die erforderliche Rohrwanddicke ist der Maximalwert der erforderlichen Wanddicken aus allen ausgeführten Rechnungen.
- Nummer der Rechnung, welche zum Maximalwert der erforderlichen Rohrwanddicke führt mit zugehörigen Betriebs- und Designwerten für Temperatur und Druck des Rohrmediums.
- Berechnungscode mit Parametern zur Bestimmung von Designtemperatur und -druck, Korrosionszuschlag und Wanddickentoleranz.
- Den Materialausnutzungsgrad, definiert als das Verhältnis von erforderlicher zu gegebener Rohrwanddicke, ausgedrückt in %.
- Die Ausnutzungsreserve, definiert als Abstand der Materialausnutzung vom Wert 100 %. Ein negativer Wert kennzeichnet eine Unterdimensionierung.
- Einen Kommentar. Dieser beschreibt, ob das Rohr ausreichend dimensioniert ist (Ausnutzungsgrad \leq 100 %) oder nicht (Ausnutzungsgrad $>$ 100 %). Ist die Berechnung des Ausnutzungsgrades nicht möglich, wird hier der Grund angegeben (z.B. "Anwendungsgrenztemperatur überschritten" oder "Keine Werkstoffdaten vorhanden").

Wichtiger Hinweis:

Die erforderlichen Wanddicken und die daraus abgeleiteten Ausnutzungsgrade und Reserven sind Orientierungswerte. Sie bilden eine erste Abschätzung. Die Ergebnisse können z.B. zum Vergleich und zur Bewertung verschiedener Varianten herangezogen werden, sie ersetzen aber keine vorgeschriebene Festigkeitsberechnung. Diese muss unter Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen und Parameter anschließend nach gültigem Regelwerk mit anderen Mitteln erfolgen.

3.5.2 Ausgabe der Diagrammbeschreibungen

Werden Last- oder Verlaufsdiagramme angefordert, enthält die DimBo-Ergebnisdatei im Anschluss an die Ergebnisse der letzten ausgeführten Rechnung ein Protokoll zu den erstellten Diagrammen. Diesem kann entnommen werden, zu welchen Diagrammen Daten selektiert wurden und ob die an die Diagramme gestellten Anforderungen erfüllt werden konnten.

Die eigentlichen Diagrammdaten, die zur späteren Diagrammerzeugung benutzt werden können, werden in eine separate Datei geschrieben. Sie kann als Eingabedatei für das Programm SE_GRF benutzt werden, da ihr Aufbau dem Eingabedateiformat dieses Programms entspricht.

Jedes angeforderte Diagramm wird in einem eigenen Rahmen dargestellt. Als Blattformat werden folgende Größen benutzt:

- Lastdiagramme mit bis zu 2 Darstellungsgrößen: DIN A4 hoch.
- Lastdiagramme mit mehr als 2 Darstellungsgrößen: DIN A3 quer.
- Verlaufsdiagramme: DIN A3 quer.

Bei der eigentlichen Plotausgabe kann der Maßstab noch durch einen Skalierungsfaktor verändert werden.

Da es sich bei der erstellten Datei um eine editierbare (ASCII-) Datei handelt, können die Daten aber auch vor dem Erstellen der Graphik verändert werden (z.B. mit einem Editor). Auf diese Weise können Parameter zur Beeinflussung der graphischen Darstellung – über die Variationsmöglichkeiten der DimBo-Eingabe hinaus – mit passenden Werten versehen werden.

Für nähere Informationen siehe: Benutzerhandbuch SE_GRF.

3.5.3 Schnittstellendatei für BHF

In der Aufgabenstellung kann ein Datenexport angefordert werden, der für ein früher benutztes Variantenkonstruktionsprogramm BHF konfiguriert ist. Die Exportfunktion kann aber auch für andere Softwaresysteme genutzt werden.

Nach erfolgreichem Abschluss der Rechnung, deren Daten übergeben werden sollen, werden für alle Heizflächen deren Geometrieparameter sowie die Medium-, Material- und Rauchgastemperaturen an Ein- und Austritt in eine Schnittstellendatei geschrieben, welche dann von BHF oder einer anderen Software benutzt werden kann.

Unabhängig von einem benutzerdefinierten Einheitensystem für die Ergebnistabellen (siehe 3.3.6.1) sind die Werte in der Schnittstellendatei in SI-Basiseinheiten dargestellt.

3.6 Fehlerbehandlung

3.6.1 Fehlermeldungen aus der Datenprüfung

Das Einlesen der Daten ist mit einer formellen Prüfung dieser Daten verbunden. Dabei werden die Datenstruktur und die vorgegebenen Werte überprüft.

Bei Fehlern in der Datenstruktur wird die Fehlerursache beschrieben und die Stelle der Eingabedatei, an welcher der Fehler entdeckt wurde, markiert. An dieser Stelle wird das Einlesen und Prüfen der Daten möglicherweise abgebrochen, wenn der Fehler so schwerwiegend ist, dass eine weitere Datenbearbeitung als nicht sinnvoll erscheint.

Bei fehlerhaften Werten, die keinen Einfluss auf die Datenstruktur haben, werden der Fehler und die Position des Fehlers in der Eingabedatei beschrieben. Der Datenbereich, dem vom Programm der Fehler zugeordnet wird, wird als fehlerhaft gekennzeichnet und kann für die anschließenden Rechnungen nicht benutzt werden. Das Einlesen und die Datenprüfung werden aber in der Regel fortgesetzt, solange die fehlerhaften Daten nicht benutzt werden.

3.6.2 Fehlermeldungen aus der Berechnung

Sind die für die Berechnung verwendeten Daten fehlerfrei und sind alle benötigten Daten vorhanden, beginnt die Berechnung. Doch innerhalb der Berechnung können sich Ergebnisse ergeben, die eine Fortsetzung der Rechnung als nicht sinnvoll erscheinen lassen. Diese Zustände sind oft nicht auf einen einzigen Wert in den Eingabedaten zurückzuführen, sondern sie entstehen aus dem Zusammenwirken mehrerer Eingabedaten. Sie lassen sich deshalb meist nicht innerhalb der Datenprüfung beim Einlesen der Daten vorhersagen.

3.6.2.1 Fehler bei der Druckberechnung

Fehler können dadurch entstehen, dass durch unvollständige Vorgaben nicht für alle Stellen der Schaltung ein Druck bestimmt werden kann. In diesem Fall werden die Stellen, für die kein Druck berechnet wurde, angezeigt und die Rechnung abgebrochen.

Bei der Berechnung der gasseitigen Druckverluste außen an den Bündelheizflächen erscheinen Warnungen, falls die Gültigkeitsbereiche der verwendeten Berechnungsgleichungen verlassen wurden. Es werden aber trotzdem die Druckverluste, die bei Anwendung der Berechnungsgleichungen ohne Beachtung der Gültigkeitsbereiche entstehen, berechnet und ausgegeben.

Bei der Bestimmung der wasserseitigen Druckverluste in den Heizflächen kann die Berechnung – z.B. wegen einer falschen Massenstromdichte – ohne Ergebnis abbrechen. In diesem Fall erscheint eine entsprechende Meldung im Diagnoseausdruck, und es wird kein Druckverlustwert ausgegeben.

Ergeben sich für Stoffart 2 Absolutdrücke > 180 bar (z.B. durch Extrapolation einer Druckfunktion), wird zur Auswertung der Ergebnisse die Lizenzoption "Überkritisch"*^{L1} benötigt.

3.6.2.2 Fehler bei der Bestimmung der Stoffströme

Die Berechnung der Anfangsstoffströme erfolgt für jede Stoffart getrennt. Deshalb beziehen sich die Fehlermeldungen immer auf die Berechnungen zu einer bestimmten Stoffart. Bei folgenden Fehlern können die Anfangswerte für Massenströme und Stoffstromanalysen der jeweiligen Stoffart nicht bestimmt werden:

- Zu wenige Angaben. Die Angaben sind unvollständig.
- Zu viele Angaben. Es sind überflüssige Angaben vorhanden.
- Widersprüchliche Angaben oder Doppelbestimmtheiten. Ein Wert wird durch zwei Angaben bestimmt; für andere Werte fehlt dafür eine Angabe.

In solchen Fällen bricht die Berechnung ab. Welche Stoffströme berechnet wurden und welche nicht, kann der an die Fehlermeldung anschließenden Ergebnisausgabe entnommen werden.

Bei Stoffart 1 können außerdem noch Fehler bei der Realisierung der Stoffstrombedingungen auftreten. Mögliche Ursachen hierfür sind:

- Einer der angestrebten Stoffstromzustände wird durch keinen der bereitgestellten Variationsparameter beeinflusst.
- Einer der Variationsparameter hat auf keinen der vorgegebenen Stoffstromzustände irgendeinen Einfluss.
- Zwei Variationsparameter haben die gleiche Wirkung auf die Stoffstromzustände.
- Zwei der vorgegebenen Stoffstromzustände werden durch die Variationsparameter identisch beeinflusst.
- Die Stoffstrombedingungen können nur dadurch realisiert werden, dass einer der Variationsparameter seinen Gültigkeitsbereich verlässt.
- Die gestellte Aufgabe besitzt keine Lösung.

Bei solchen Fehlern muss die Aufgabenstellung bei den Stoffstrombedingungen analysiert und so modifiziert werden, dass eine lösbare Aufgabe entsteht. In der Fehlermeldung wird versucht, mögliche Ursachen für den Fehler einzugrenzen. Außerdem kann die an die Fehlermeldung anschließende Ergebnisausgabe bei der Fehleranalyse benutzt werden.

3.6.2.3 Fehler bei der Bestimmung der Wärmeübertragung

Das Verfahren zur Bestimmung der Temperaturverteilung und damit der Wärmeübertragung erfolgt in zwei Stufen:

- Iterative Bestimmung der Temperaturen und der temperaturabhängigen Stoffwerte, die für die Temperaturberechnung benötigt werden.
- Realisierung vorgegebener Temperaturbedingung, indem für (vom Programmanwender definierte) Variationsparameter geeignete Werte bestimmt werden.

In der ersten Stufe, der Stoffwertiteration, können folgende Fehler auftreten:

- Die Temperaturen liegen außerhalb der Gültigkeitsbereiche der Stoffwertfunktionen.
- Die Werte, welche in die verwendeten Wärmeübergangsgleichungen eingehen, liegen außerhalb des zulässigen Bereiches.
- Das Verfahren konvergiert nicht, d.h. nach jedem Iterationsschritt weichen die berechneten Temperaturen noch merklich von den Temperaturen ab, mit denen die Stoffwertberechnung durchgeführt wurde.

Bei den Bereichsüberschreitungen werden die verwendeten Gleichungen über ihren Gültigkeitsbereich hinaus extrapoliert. Das ist möglich, solange die Überschreitungen nicht wesentlich sind. Oft treten die Bereichsüberschreitungen nur als Zwischenergebnis auf und es ergibt sich dann trotzdem ein Endergebnis, das innerhalb der Gültigkeitsbereiche liegt.

Dass das Verfahren nicht konvergiert, ist meist auf Phasengrenzen innerhalb der Heizflächen oder auf wesentlich überdimensionierte Wärmetauscherflächen zurückzuführen. In diesen Fällen wird die Berechnung abgebrochen und die zweite Stufe der Temperaturberechnung nicht ausgeführt.

Auch in der zweiten Stufe der Temperaturberechnung, bei der Realisierung der Temperaturbedingungen, können Fehler auftreten. Sie entsprechen den Fehlern bei den Stoffstrombedingungen für Stoffart 1 (siehe 3.6.2.2). Folgende Ursachen sind möglich:

- Einer der angestrebten Temperaturzustände wird durch keinen der bereitgestellten Variationsparameter beeinflusst.
- Einer der Variationsparameter hat auf keinen der vorgegebenen Temperaturzustände irgendeinen Einfluss.
- Zwei Variationsparameter haben die gleiche Wirkung auf die Temperaturzustände.
- Zwei der vorgegebenen Temperaturzustände werden durch die Variationsparameter identisch beeinflusst.
- Die Temperaturbedingungen können nur dadurch realisiert werden, dass einer der Variationsparameter seinen Gültigkeitsbereich verlässt.
- Die gestellte Aufgabe besitzt keine Lösung.

In der Fehlermeldung wird versucht, mögliche Ursachen für die Fehlermeldung einzugrenzen. Wie bei den Stoffstrombedingungen muss dann die Aufgabenstellung analysiert und so modifiziert werden, dass eine lösbare Aufgabe entsteht.

3.7 Einbindung von DimBo in andere DV-Anwendungen^{*L5}

Zur Einbindung von DimBo in andere DV-Anwendungen existiert eine Programmversion als DimBo.DLL (Dynamic Link Library), deren Funktionen in anderen Programmen, z.B. MS Excel, aufgerufen werden können.

Die folgende Tabelle enthält eine Funktionsübersicht:

Tab. 3-1: Funktionsübersicht der DimBo.DLL

Funktion	Zweck
DimBo_INIT	Initialisierung der DimBo-Verarbeitung
DimBo_ERR0	Zurücksetzen des Fehler-Levels auf den Wert "0"
DimBo_READ	Einlesen der Eingabedaten (für alle Rechnungen) aus einer Eingabedatei in den Zwischenspeicher
DimBo_PREP	Vorbereitung der Berechnung
DimBo_LOAD	Laden der Eingabedaten einer Rechnung vom Zwischenspeicher ins Memory
DimBo_SAVE	Speichern der Eingabedaten einer Rechnung vom Memory in den Zwischenspeicher
DimBo_WRITE	Schreiben der Eingabedaten (für alle Rechnungen) aus dem Zwischenspeicher in eine Eingabedatei
DimBo_RUN	Ausführen einer Rechnung
DimBo_BEZ	Einsetzen oder Abfragen einer Bezeichnung
DimBo_DATA	Einsetzen oder Abfragen eines Zahlenwertes
DimBo_UNIT	Abfrage der physikalischen Einheit für die Datenübergabe
DimBo_EXIT	Ende der DimBo-Verarbeitung

Die Funktionen DimBo_BEZ, DimBo_DATA und DimBo_UNIT, mit denen auf einzelne Eingabe- und Ergebniswerte zugegriffen werden kann, benötigen Übergabeparameter, mit welchen festgelegt wird, auf welchen Wert jeweils zugegriffen werden soll. Zunächst definiert eine Funktionskennzahl fukz die physikalische Größe (z.B. fukz = 801 für eine Mediumtemperatur). Darüber hinaus wird durch weitere Parameter kz1, kz2, kz3 und kz4 festgelegt, für welche Position (z.B. MSTAT-Nummer) die Größe verarbeitet werden soll.

Mögliche Funktionskennzahlen und die jeweils zugehörige Definition der Parameter kz1 bis kz4 sind im DimBo Merkblatt DimBo_MB-710 "Funktionscodes und Parameter für das DimBo Dateninterface" aufgelistet.

3.8 Berechnungsmethoden

Die dem Programm zu Grunde liegenden Berechnungsmethoden werden ausführlich bei [2] beschrieben.

3.9 Protokoll der Änderungen

Die Änderungen am Programm, die für den Programmanwender relevant sind, werden kontinuierlich protokolliert. Das Änderungsprotokoll wird durch den Menüpunkt "Info - Änderungen" angezeigt.

4 Quellen

[1] FDBR-Handbuch Wärme- und Strömungstechnik

[2] Dateipfad: \SE_Entw\WTech\DimBo\DOKUMENTE

5 DV-technische Realisierung

5.1 Dateiname inkl. Pfad

\SE_Anwendung\Waermetechnik\DimBo\DimBo.exe

5.2 Source-Code

\SE_Entw\WTech\DimBo

5.3 Programmiersprache/Umgebung

a) Hauptmenü, Formulareingabe, Berechnung und Ergebnisausgabe: Fortran 95 (Silverfrost FTN95 und Intel ifort)

b) Graphische Schaltungsbearbeitung: Delphi XE (Embarcadero)

Betriebssystem: Windows 32 bit oder 64 bit