

# ***METRAS-PCL***

***Version 4.0***

## ***Benutzerhandbuch***

***Version 2.0***

Herausgegeben von:  
Meteorologisches Institut der Universität Hamburg  
Bundesstr. 55  
20146 Hamburg

Hamburg, den 10. Juli 2014

Autoren:

Prof. Dr. K. Heinke Schlünzen, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Dr. Klaus Bigalke, METCON Umweltmeteorologische Beratung, Pinneberg

David Grawe, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Lektorat:

Marita Linde, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Björn Fock, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Olga Henneberg, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Thessa Beck, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	1
1 Kurzbeschreibung des Modells .....	3
1.1 Modellgleichungen und Approximationen .....	3
1.2 Parametrisierte subskalige Prozesse .....	4
1.3 Rand- und Anfangswerte .....	5
1.4 Lösungsverfahren .....	5
1.5 Modellanwendungen und Validierung .....	6
2 Anwendungsbereiche des Modells und Recourcerverbrauch .....	8
3 Installation und Umfang von METRAS-PCL.....	9
4 Ein- und Ausgabedateien im Überblick .....	10
5 Eingabedateien.....	13
5.1 Modellsteuerung .....	13
5.2 Topographiedaten.....	19
5.3 Restartdatei.....	21
6 Ausgabedateien.....	22
6.1 Laufzeitprotokoll.....	22
6.2 Formatgebundene Modellergebnisse .....	25
6.3 Binäre Modellergebnisse (Restartdatei).....	29
6.4 Zeitserie am Kontrollpunkt .....	29
6.5 Zeitserie integraler Werte .....	30
7 Vorbereitung und Durchführung einer Modellrechnung .....	31
8 Beispielrechnung.....	34
Anhang I: Kurzreferenz der Schlüsselwörter .....	36
Anhang II: Liste der Ausgabegrößen.....	38
Anhang III: Liste der Fehlermeldungen .....	43
Anhang IV: METRAS-PCL Bodennutzungsklassen .....	52
Anhang V: Ergänzende Hinweise.....	53
Anhang VI: Literatur.....	54



## Vorwort

Das mesoskalige Transport-, Chemie- und Strömungsmodell METRAS ist im Rahmen verschiedener, durch das BMBF und die Universität Hamburg geförderter Projekte vom Meteorologischen Institut der Universität Hamburg (Ursprungsversion des Modells) gemeinsam mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven und dem Institut für Troposphärenforschung in Leipzig entwickelt worden.

Im Rahmen des vom Umweltbundesamt in Berlin geförderten FE Projektes 104 04 354 wurde auf Basis von METRAS eine PC-Version des mesoskaligen Modells entwickelt, die allgemein verfügbar ist. METRAS-PCL wurde gemeinsam von Prof. Dr. K.H. Schlünzen<sup>1</sup>, Dr. S. Dierer, Dr. H. Pankus (Meteorologisches Institut, Universität Hamburg) und Dr. K. Bigalke (METCON Umweltmeteorologische Beratung, Pinneberg) auf Basis von METRAS erstellt. Mit der PC-Version von METRAS kann dieses mesoskalige Simulationsmodell nicht nur von Universitäten und Forschungseinrichtungen mit Großrechnerumgebung genutzt werden, sondern auch von einem breiten Anwenderkreis, der in der Regel nur Zugang zu PC-Netzwerken hat. Die aktuelle Version METRAS-PCL 4.0 ist ausschließlich für Linux zu erhalten.

Die Entwicklung von METRAS-PCL geschah auf der Grundlage folgender Überlegungen:

1. Die Vollversion des Modells METRAS mit ihren vielfältigen Optionen (Wolkenphysik, Stofftransport, Deposition, Chemie, Nesting) wird in ihrem Umfang so reduziert, dass sie unter Berücksichtigung von Speicherplatz- und Rechenzeitbedarf auf heute gängigen PCs installiert werden kann und die Ergebnisse als Eingabedaten für Ausbreitungsmodelle genutzt werden können.
2. Die Anwendung des Modells wird vereinfacht, damit auch solche Benutzer, die zwar Modell-erfahrung besitzen, aber nicht täglich mit dem Modell arbeiten, METRAS-PCL nutzen können.
3. Die Fehlermöglichkeiten durch unsachgemäße Eingangsdaten oder Anwendung werden reduziert.
4. Die Umstellung auf die PC-Version erfolgt unter weitestgehender Erhaltung der vollständigen Modellstruktur, um spätere Updates auf Weiterentwicklungen oder zusätzliche Modelloptionen in vertretbarem Zeit- und Kostenrahmen erstellen zu können.

METRAS-PCL ist für praktische Anwendungsaufgaben gedacht, wie sie sich z.B. in Beratungsunternehmen und Ingenieurbüros stellen. Trotz der allgemeinen Verfügbarkeit, vereinfachten Bedienungs-oberfläche und modellinternen Prüfung von Eingangsdaten darf METRAS-PCL nicht als Standardsoftware betrachtet werden, deren Ergebnisse weitgehend ungeprüft verwendet werden können. Dem Anwender obliegt die Verantwortung, die Modellergebnisse kritisch auf Plausibilität und eventuelle Fehler (z.B. aufgrund numerischer Instabilitäten oder der Vorgabe unrealistischer meteorologischer Daten) zu überprüfen. Hierzu sind vertiefte meteorologische Kenntnisse und mehrjährige Erfahrung in der mesoskaligen Modellierung notwendig.

Die Ersteller des Programms und die Mittelgeber übernehmen keine irgendwie geartete Haftung, auch keine implizite Haftung, dass das Programm für einen bestimmten Zweck fehlerfrei arbeitet. Haftung für Schäden oder Folgeschäden wird ausdrücklich ausgeschlossen. Alle Rechte an diesem Programm liegen bei den Modellautoren von METRAS-PCL. Bei Nutzung des Programms und seiner Ergebnisse, sowie bei jeder öffentlichen Darstellung der Ergebnisse ist folgende Referenz zu geben:

“Die Modellrechnungen wurden mit METRAS-PCL (Version 4.0-beta) durchgeführt. METRAS-PCL wurde gemeinsam von Prof. Dr. K.H. Schlünzen, Dr. S. Dierer, Dr. H. Pankus (Meteorologisches Institut, Universität Hamburg) und Dr. K. Bigalke (METCON Umweltmeteorologische Beratung, Pinneberg) im Auftrage des Umweltbundesamtes im FE Projekt 104 04 354 aufbauend auf dem Modell METRAS entwickelt.“

Vor der ersten Benutzung des Modells sollte sich der Anwender intensiv mit dem gesamten Handbuch auseinandersetzen. Aus diesem Grunde wurde bewusst auf das in anderen Handbüchern übliche "Kapitel für Schnelleinsteiger" verzichtet.

Im Handbuch gelten folgende Regeln zur Schreibweise:

---

<sup>1</sup> e-mail Adressen: [metras@zmaw.de](mailto:metras@zmaw.de), [metcon@t-online.de](mailto:metcon@t-online.de)

- Feststehende Bezeichnungen (Dateinamen, Schlüsselwörter, Programmvariablen) und Programmcode sind im Schrifttyp `Courier` gesetzt.
- In Syntaxbeschreibungen sind optional vorzunehmende Einträge in [Klammern] gesetzt.
- *Kursivtext* bezeichnet Text, der vom Anwender zu ersetzen ist.
- Nicht kursiv gesetzter Text in Syntaxbeschreibungen muss vom Anwender exakt so eingegeben werden.

# 1 Kurzbeschreibung des Modells

Das mesoskalige Transport- und Strömungsmodell METRAS wurde am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg entwickelt. In seiner Vollversion umfasst es die Berechnung von

- thermodynamischen Prozessen
- Wolken- und Niederschlagsprozessen
- Stofftransportprozessen
- trockener und nasser Deposition
- chemischen Reaktionen.

Die Implementierung der Vollversion auf PCs ist mit der heutigen Rechnergeneration aus Kapazitätsgründen noch nicht möglich. Deshalb beschränkt sich die vorliegende PCL-Version von METRAS auf die Berechnung dynamischer und thermodynamischer Prozesse. Ausführliche Modellbeschreibungen und -anwendungen finden sich in der im Anhang VI aufgeführten Literatur. An dieser Stelle wird nur ein Überblick über die Eigenschaften von METRAS-PCL gegeben. Eine detaillierte Dokumentation aller Eigenschaften des Modells METRAS erfolgt bei Schlünzen et al. (1996a,b).

## 1.1 Modellgleichungen und Approximationen

Das Modell beruht auf den physikalischen Erhaltungsgleichungen, die in Flussform dreidimensional gelöst werden. Prognostisch werden Wind, potentielle Temperatur und Feuchte sowie die Oberflächentemperatur und Oberflächenfeuchte berechnet. Diagnostisch ermittelt werden der nichthydrostatische und der hydrostatische Druckanteil, die Temperatur, der mesoskalige Dichteanteil, die Diffusionskoeffizienten, die Schubspannungsgeschwindigkeit, die Skalengrößen für Temperatur und andere skalare Größen, die Monin-Obukhov-Länge und die Inversionshöhe.

Die meteorologischen Größen setzen sich in METRAS aus großskaligen (z.B.  $\Theta_0$ ), mittleren Werten (z.B.:  $\bar{u}$ ), mesoskaligen Abweichungen (z.B.:  $\tilde{\rho}$ ) und turbulenten Abweichungen ( $'$ ) zusammen:

$$\begin{aligned} u &= \bar{u} + u' \\ v &= \bar{v} + v' \\ w &= \bar{w} + w' \\ \rho &= \rho_0 + \tilde{\rho} \\ p &= p_0 + p_1 + p_2 \\ \theta &= \theta_0 + \bar{\theta} + \theta' \\ q_1^1 &= q_{10} + \bar{q}_1^1 + q_1^1 \end{aligned}$$

Darin steht  $\theta$  für die Temperatur und  $q_1^1$  für die spezifische Feuchte. In den Modellgleichungen ist der großskalige Druckgradient durch den geostrophischen Wind ( $U_g, V_g$ ) ersetzt. Der hydrostatische Druckanteil  $p_1$  kann als "thermodynamischer", der nichthydrostatische Anteil  $p_2$  als "dynamischer" Druckanteil am Gesamtdruck interpretiert werden.

Außer den in der Mesoskala allgemein gültigen Näherungen (Coriolisparameter  $f = \text{konst.}$ ) wird zusätzlich nur die anelastische Approximation im Modell verwendet. Bei Berechnung der mesoskaligen Dichteabweichung wird die Boussinesq-Approximation verwendet, wobei auch die Druck- und Feuchteabweichung berücksichtigt werden, so dass auch konvektive Prozesse mit METRAS-PCL simuliert werden können. Die hydrostatische Approximation wird nur für den großskaligen Grundzustand und den hydrostatischen Druckanteil als gültig vorausgesetzt. Für den nichthydrostatischen Druckanteil wird eine diagnostische Gleichung im bodenfolgenden Koordinatensystem gelöst.

## 1.2 Parametrisierte subskalige Prozesse

Die subskaligen turbulenten Flüsse werden über eine Schließung 1. Ordnung parametrisiert. Sie werden unter Berücksichtigung subskaliger Bewuchseigenschaften über eine Parametermittlung festgelegt (von Salzen et al., 1996). Oberhalb der Prandtlschicht werden die turbulenten Flüsse bei neutraler und stabiler Schichtung nach dem Mischungswegansatz berechnet, bei labiler Schichtung wird ein "Counter-Gradient-Ansatz" genutzt (Lüpkes und Schlünzen, 1996).

In METRAS-PCL werden für alle Schichtungsverhältnisse die Inversionshöhe  $z_i$ , die Vertikalwindfluktuationen  $w'^2$  und die konvektive Geschwindigkeitsskala  $w_*$  berechnet bzw. festgelegt. Die Inversionshöhe wird aus den Modellergebnissen diagnostiziert; im labilen Fall wird die Höhe verwendet, in der der Wärmefluß minimal ist (Lüpkes und Schlünzen, 1996). Bei stabiler und neutraler Schichtung wird die Höhe als Inversionshöhe angenommen, oberhalb der die Atmosphäre eine Temperaturschichtung  $\partial\theta/\partial z > 0.001 K/m$  aufweist, also stark stabil geschichtet ist. Die unterste Rechenfläche des Modells ist die minimale Inversionshöhe.

Für  $w'^2$  und  $w_*$  wird bei labiler Schichtung:

$$\overline{w'^2}^{3/2} = \left( 1.6 u_*^2 \left( 1 - \frac{z}{z_i} \right) \right)^{3/2} + 1.2 w_*^3 \frac{z}{z_i} \left( 1 - 0.9 \frac{z}{z_i} \right)^{3/2}$$

$$\text{mit } w_* = \left( \frac{g}{\theta_s} z_i \overline{w' \theta'} \Big|_s \right)^{1/3}$$

verwendet (Lüpkes und Schlünzen, 1996).

Für  $w'^2$  und  $w_*$  wird bei neutraler Schichtung:

$$\overline{w'^2} = u_*^2 \left( 1 - \frac{z}{z_i} \right)^{1/2}; w_* = 0.$$

verwendet (Stull, 1988, S.366).

Für  $w'^2$  und  $w_*$  wird bei stabiler Schichtung:

$$\overline{w'^2} = 2.5 \cdot u_*^2 \left( 1 - \left( \frac{z}{z_i} \right)^{0.6} \right); w_* = 0.$$

verwendet (Stull, 1988, S.363).

Die Divergenzen der Strahlungsflüsse in der Atmosphäre sind bei wolkenlosem Himmel vergleichsweise gering und werden deshalb empirisch berechnet. Nur die Bodenenergiebilanz wird unter Berücksichtigung der Strahlungsflußdivergenzen gelöst. Die kurzwellige Einstrahlung wird zeit- und ortsabhängig am Boden unter Berücksichtigung von Bodenneigung und Abschattungseffekten durch Berge berechnet. Die Erwärmungsrate hängt vor allem von der Albedo ab, die in Abhängigkeit von den subskaligen Bodennutzungscharakteristiken festgelegt wird. Die langwellige Ausstrahlung entspricht einer Schwarzkörperstrahlung, die Emissivität wird als unabhängig von der Bodennutzung angenommen.

### 1.3 Rand- und Anfangswerte

Die Randwerte werden an den seitlichen Rändern und am oberen Rand des Modellgebietes so festgelegt, dass entstehende Wellen das Modellgebiet reflektionsfrei verlassen können oder absorbiert werden. Dazu werden z.B. an den seitlichen Rändern die Normalkomponenten des Windvektors weitestgehend berechnet und für die randnormale Advektion am Ausströmrand ein Upstream-Verfahren, am Einströmrand Strahlungsrandbedingungen benutzt. Für alle anderen Größen werden, wie am oberen Rand, die Normalgradienten Null gesetzt.

Die Reflexion von Wellen am oberen Rand wird durch absorbierende Schichten verhindert. In diesen erfolgt auch eine Anpassung der im Modell berechneten Windfelder und Zustandsvariablen an großskalige Werte. Aus diesem Grund dürfen die Modellergebnisse in den oberen 8 Niveaus des Modells nicht ausgewertet werden.

Zur Verminderung von Störungen an den seitlichen Rändern werden an diesen die Orographiehöhen und Gitterweiten randnormal über 3 skalare Gitterpunkte konstant vorausgesetzt. Daher dürfen die Modellergebnisse in diesen Bereichen nicht ausgewertet werden.

Am Boden wird für den Wind die Haftbedingung angenommen. Temperatur bzw. Feuchte werden fest vorgegeben oder aus einer Bilanzgleichung der Energie- bzw. Feuchteflüsse am Boden nach der "Force-Restore-Methode" berechnet (Deardorff, 1978). Dazu wird der Wärmefluß in den Boden proportional dem Temperaturgradienten zwischen Oberfläche und einer Schicht der Tiefe  $h_\theta$  gesetzt.

Die Einflüsse des Bewuchses werden indirekt durch entsprechend modifizierte Bodeneigenschaften berücksichtigt (Werte siehe Anhang IV). Für Simulationszeiten von wenigen Tagen liefert die Methode recht gute Ergebnisse (Deardorff, 1978).

Für die Initialisierung des Modells werden großskalige (geostrophische) Werte für den Wind, die Temperatur, Feuchte und den Druck am Boden sowie die Temperatur- und Feuchtegradienten als Funktion der Höhe vorgegeben. Alternativ können auch Temperatur- und Feuchteprofile vorgegeben werden. Mit diesen Anfangswerten erfolgt die Modellinitialisierung dynamisch. Mit einer eindimensionalen Version des Modells wird, wenn kein spezieller Gitterpunkt angegeben wurde, für den niedrigsten und rauesten Gitterpunkt im Modellgebiet ein stationäres Profil errechnet. Dieses wird horizontal homogen im dreidimensionalen Modell vorgegeben, in das die Orographie über die Diastrophiemethode eingeführt wird.

### 1.4 Lösungsverfahren

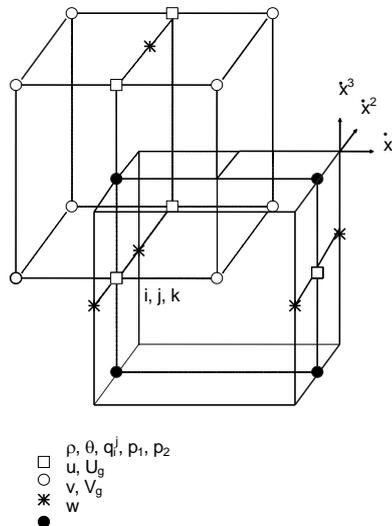
Die Modellgleichungen werden in einem bodenfolgenden  $\eta$ -Koordinatensystem gelöst, das durch die Transformationsvorschrift

$$\eta = z_t \frac{z - z_s(x, y)}{z_t - z_s(x, y)}$$

definiert ist. Darin ist  $z_t$  die Höhe des Modelloberrandes und  $z_s$  die Orographiehöhe. Die y-Achse des Modellgebietes kann beliebig gegen Nord orientiert sein. Die Gitterweite lässt sich in horizontaler und vertikaler Richtung nichtäquidistant festlegen. Beides ermöglicht eine feine Auflösung in den für die jeweiligen Modellrechnungen interessierenden Gebieten bei einer gröberen Auflösung in weniger relevanten Bereichen des Simulationsgebietes. Die Gitterweite darf zwischen zwei Gitterpunkten nicht mehr als 20% variieren, um numerische Instabilitäten zu vermeiden. Die bodenfolgenden Koordinaten erleichtern die Vorgabe der unteren Randbedingungen über orographisch gegliedertem Gelände.

Die Modellgleichungen werden auf einem ARAKAWA-C-Gitter (skalare Feldgrößen im Mittelpunkt einer Gitterzelle, Windkomponenten jeweils um eine halbe Maschenweite räumlich versetzt auf den Wänden einer Gitterzelle) numerisch gelöst, wobei die einzelnen Terme der verschiedenen Bilanzgleichungen im Modell mit unterschiedlichen Verfahren diskretisiert werden. Die Advektions- und Horizontaldiffusionsterme in den Erhaltungsgleichungen für Impuls werden zeitlich mit dem Adams-Bashforth-Verfahren und räumlich zentriert berechnet. Die zeitliche Integration der Druckgradientsterme und sämtlicher Vertikaldiffusionsterme erfolgt implizit. Bei kleinen Zeitschritten kann aus Rechenzeit-

gründen die Vertikaldiffusion auch explizit berechnet werden (wird automatisch gewählt). Die Advektion skalarer Größen wird zeitlich explizit und räumlich mit Gegenstromdifferenzen berechnet. Die verbleibenden Terme werden zeitlich explizit und räumlich zentriert diskretisiert. Das verwendete Gitter ist in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1:** Im Modell verwendetes Gitter.

Die Amplituden hochfrequenter Wellen, die aufgrund nichtlinearer Wellenwechselwirkungen entstehen, werden in METRAS mit einem 7-Punkt-Filter reduziert. Die horizontale Diffusion wird bei horizontalen Gitterweiten von mehr als 1 km nicht berücksichtigt, da die durch das Filtern eingeführte horizontale Diffusion ausreicht. Skalare Größen werden ohne Horizontaldiffusion gerechnet und nicht gefiltert, da das Upstreamverfahren bereits ausreichend diffusiv ist.

## 1.5 Modellanwendungen und Validierung

METRAS ist zur Prüfung der implementierten numerischen Verfahren mit analytischen Lösungen und zur weiteren Validierung mit Messungen und Ergebnissen anderer mesoskaliger Modelle verglichen worden (u.a. Schlünzen, 1988; Bigalke, 1991; Bigalke, 1992; Schlünzen, 1992). Zudem sind speziell mit METRAS-PCL Modellanwendungen entsprechend dem Validierungskonzept von Schlünzen (1996, 1998) durchgeführt worden.

Anwendungen der Vollversion von METRAS erfolgten zur Untersuchung des Einflusses der Tide und von Topographie auf küstennahe atmosphärische Phänomene und den küstennahen Stofftransport in gemäßigten Breiten (Mitteleuropa, Nordchina, Australien), den Subtropen (Hongkong) und polaren Regionen (Nord- und Südhalbkugel) (Schlünzen, 1990; Wu und Schlünzen, 1992; Schlünzen et al., 1995b; Lüpkes und Schlünzen, 1996). Auch Hindernisumströmungen wurden simuliert, die räumliche Repräsentativität von Messungen untersucht, atmosphärische Stoffeinträge in küstennahe Gewässer, auf Bewuchs und Böden ermittelt sowie der Stofftransport über Land modelliert (Schlünzen und Pahl, 1992; Niemeier und Schlünzen, 1993; Schlünzen und Krell, 1994; Schlünzen et al., 1994; Schlünzen, 1994; Beddig et al. 1997; Schlünzen et al., 1997). Dabei wurden teilweise auch chemische Untersuchungen berücksichtigt (u.a. Ozon, Nitrat, Sulfat, Aerosole) (Schlünzen und Niemeier, 1995; Niemeier, 1997; Niemeier et al., 1997; von Salzen, 1997; von Salzen et al., 1997). Die bei den Modellrechnungen genutzten Parametrisierungen wurden detailliert untersucht (Pahl und Schlünzen, 1990; Lüpkes und Schlünzen, 1996; von Salzen et al., 1996).

## **2 Anwendungsbereiche des Modells und Ressourcenverbrauch**

Mit METRAS sind bereits verschiedene Phänomene der Mesoskala- $\beta$  und Mesoskala- $\gamma$  und der Mikroskala- $\alpha$  simuliert worden. Grenzen in der Anwendbarkeit des Modells sind gegenwärtig vor allem durch die genutzten Parametrisierungen gegeben, die nur bis zu einigen Kilometern Gitterweite gültig sind. Bei sehr kleinen Gitterweiten (einige Dekameter) ist die Anwendbarkeit des Modells durch die Turbulenzparametrisierung limitiert, so dass METRAS-PCL am besten mit horizontalen Gitterweiten zwischen einigen zehn Metern und einigen Kilometern betrieben wird.

Die Gitterweiten können in alle Raumrichtungen nichtäquidistant vorgegeben werden. Um ein Anwachsen numerischer Fehler zu vermeiden, darf die Gitterweitzunahme zwischen benachbarten Gitterpunkten 20% nicht überschreiten. Außerdem sollten sich die horizontalen Gitterweiten im Modellgebiet um nicht deutlich mehr als eine Größenordnung unterscheiden, auch um Skalensprünge in der Auflösung bzw. Auflösbarkeit meteorologischer Phänomene zu vermeiden. Die Modellergebnisse enthalten bei nichtäquidistanten Gitter die entstehenden Phänomene unterschiedlich aufgelöst. Die Ergebnisse sind daher mit äußerster Sorgfalt zu interpretieren.

Die eingeschränkte PCL-Version beinhaltet keine Wolkenparametrisierung. Es können daher nur solche meteorologischen Situationen realitätsnah berechnet werden, bei denen an keinem Punkt des Modellgebietes während des Simulationszeitraums die relative Feuchte auf mehr als 100 % anwächst. Wird dieser Wert erreicht, so wird eine Warnung in die Kontrolldatei aufgenommen. Je höher die relative Feuchte ist, desto realitätsferner sind die Ergebnisse. Wird Sättigung (100% relative Feuchte) erreicht, so sind die Ergebnisse mit äußerster Sorgfalt zu interpretieren.

Weitere Beschränkungen in den Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus den Kapazitätsgrenzen heute verfügbarer PCs (Installationsvoraussetzungen siehe Kapitel 3). In der PCL-Version von METRAS liegt der Speicherplatzbedarf bei etwa 75 dreidimensionalen Feldern mit 64-bit Worten. Eine Rechnung mit 50x50x25 Gitterpunkten benötigt also knapp 40 MB Arbeitsspeicher (RAM). Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Rechenzeit des Modells von vielen Faktoren abhängt, deren summarischer Einfluss für einen bestimmten Anwendungsfall kaum prognostiziert werden kann:

- Anzahl der Gitterpunkte (überproportionales Wachsen der Rechenzeit)
- Anzahl der für einen Simulationszeitraum nötigen Zeitschritte (lineares Wachsen der Rechenzeit)
- Meteorologische Situation (wirkt sich auf die Zeitschrittlänge und Anzahl der Zeitschritte sowie die Iterationsdauer des Drucklösers aus)
- Topographische Situation (wirkt sich auf die meteorologischen Felder aus)

### **3 Installation und Umfang von METRAS-PCL**

#### **Systemvoraussetzungen (für das Beispiel der Harzüberströmung)**

- Pentium PC III oder aktueller
- mindestens 512 MB Arbeitsspeicher
- 100 MB verfügbarer Plattenplatz für Modellkomponenten und Beispieldateien
- mindestens 1 GB verfügbarer Plattenplatz für Modellrechnungen
- Linux (z. B. Debian, Red Hat, Suse, Open Suse)

Das Beispiel hat 30x30x32 Gitterpunkte. Für größere Gitterpunktzahlen sollte deutlich mehr Arbeitsspeicher und Plattenplatz verfügbar sein.

#### **Installation**

Das Modell wird in einem zip-Archiv auf dem ftp-Server `ftp.zmaw.de` bereitgestellt. Die Datei wird in das Installationsverzeichnis kopiert und mit dem Befehl

```
unzip METRAS-PCL_4.0-beta.zip
```

entpackt. Hierzu wird ein Passwort benötigt. Im Installationsverzeichnis befinden sich nun zwei ausführbare Versionen des Modellcode. Je nach Systemvoraussetzung wird zum Starten des Modells die 32- oder 64-Bit-Version gewählt.

#### **Umfang**

Zu METRAS-PCL gehören

- eine 32- und eine 64-Bit-Version des ausführbaren Modellcode und ein Beispiel einer Steuerdatei `metras_TAPE5`
- Eingabe- und Ergebnisdateien von einer Beispielrechnung ("Harz", siehe Kapitel 8) mit einem 32-Bit Computer

## 4 Ein- und Ausgabedateien im Überblick

Die Steuerung von METRAS-PCL erfolgt über zwei von drei möglichen Eingabedateien. Die Ergebnisse einer Modellrechnung werden in acht Ausgabedateien geschrieben. Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über diese Dateien.

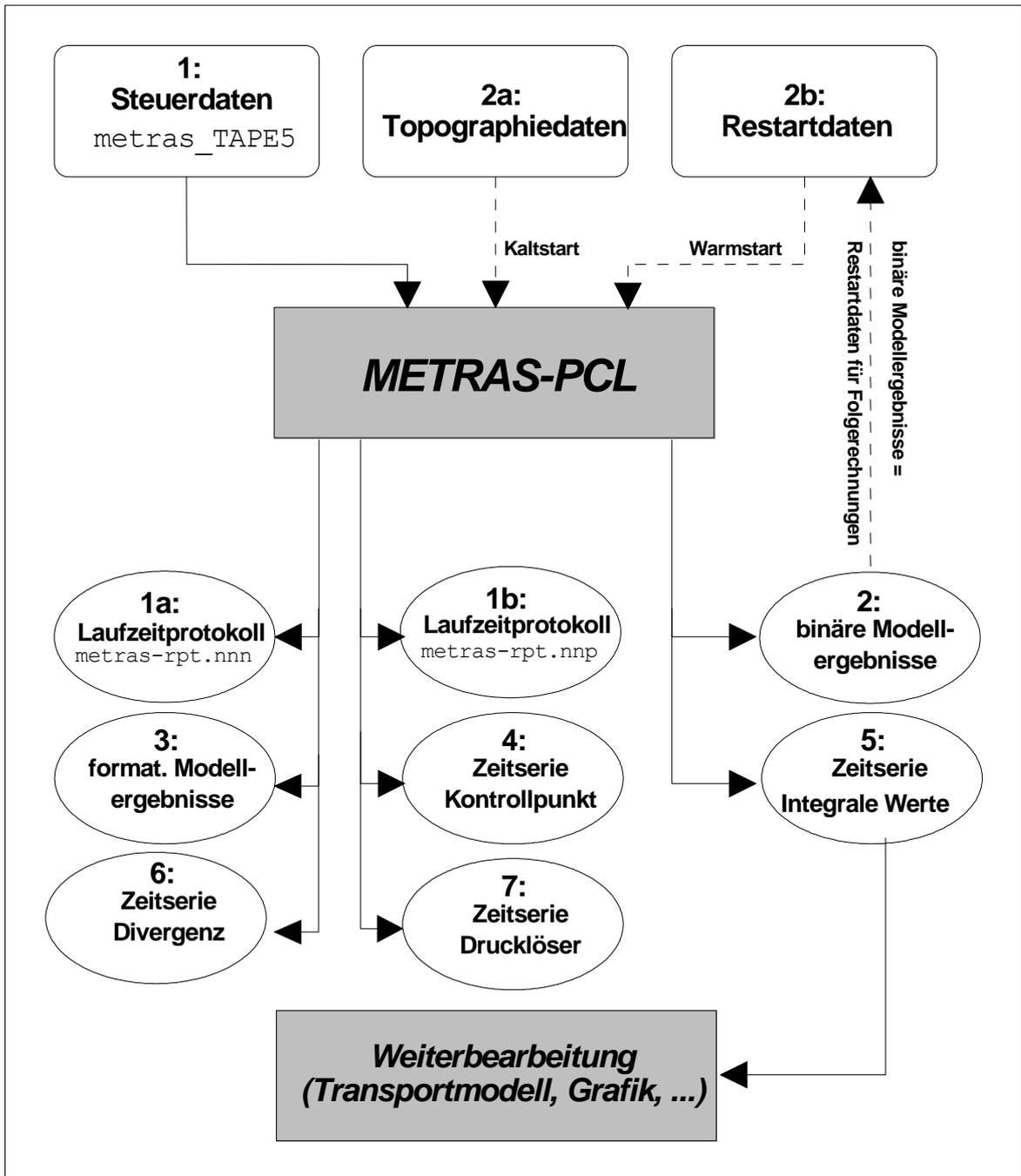


Abbildung 2: Ein- und Ausgabedateien von METRAS-PCL.

**Eingabe 1: Steuerdaten - metras\_TAPE5**

Diese Datei enthält alle für eine Modellrechnung notwendigen Steuerungsdaten (z.B. Ein- und Ausgabedateinamen, Laufzeit, Optionen (siehe Abschnitt 5.1)). Die Steuerdatei muss im Laufverzeichnis der Modellrechnung bereitgestellt werden.

**Eingabe 2a: Topographiedaten - frei wählbarer Dateiname**

Diese Datei enthält Daten zu den Ursprungskordinaten des Modellgebiets, den horizontalen und vertikalen Gitterweiten, den Geländehöhen und den Bodennutzungsklassen (siehe Abschnitt 5.2). Die Topographiedatei muss im Laufverzeichnis auf dem Rechner vorliegen. Sie muss nur bei einem Kaltstart (=einzige Modellrechnung oder erste Modellrechnung einer Kette von Rechnungen) bereitgestellt werden.

**Eingabe 2b: Restartdaten - frei wählbarer Dateiname**

Die Restartdatei enthält alle vom Modell im Fall eines Warmstarts (=Restart) benötigten Informationen der vorherigen Modellrechnung (vgl. Abschnitt 5.3). Hierzu zählen alle Angaben zum Modellgebiet (Topographiedaten) sowie alle meteorologischen Felder zum Endzeitpunkt der vorherigen Modellrechnung. Die Restartdatei muss im Laufverzeichnis auf dem Rechner vorliegen. Sie muss nur bei einem Warmstart bereitgestellt werden.

**Ausgabe 1a und 1b: Laufzeitprotokolle metras-rpt.nnn**

Die Laufzeitprotokolle enthalten eine Reihe von Informationen für den Benutzer, die vom Modell während der Rechnung ausgegeben werden (vgl. Abschnitt 6.1). Die Laufzeitprotokolle sollten nach jeder Modellrechnung sorgfältig auf mögliche Fehlerhinweise überprüft werden. Sie werden immer im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt und bezeichnet eine laufende Nummer.

**Ausgabe 2: Binäre Modellergebnisse – BR... .**

Diese Ausgabedatei enthält alle Modellparameter und Berechnungsergebnisse, die für einen möglichen Restart der Rechnung benötigt werden (entspricht Eingabe 2b; vgl. Abschnitt 6.3). Die Ausgabe erfolgt in einem internen Binärformat, das von METRAS-PCL im Restartfall erwartet und eingelesen wird. Die binäre Ausgabedatei wird im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt.

**Ausgabe 3: Formatgebundene Modellergebnisse – BP...\_form**

Alle vom Benutzer in der Steuerdatei ausgewählten Ausgabegrößen werden ausschließlich als REAL-Größen im FORTRAN-Format `nEm` in diese Ausgabedatei geschrieben (vgl. Abschnitt 6.2). Die formatgebundene (ASCII-)Ausgabe ermöglicht einen problemlosen Transfer auf andere Rechner und die Weiterverwendung der Modellergebnisse durch Folgeprogramme (Grafik, Ausbreitungsmodelle). Die formatgebundene Ausgabedatei wird im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt.

**Ausgabe 4: Zeitserie am Kontrollpunkt – AL... .**

Zu jedem Zeitschritt der Modellrechnung werden von METRAS-PCL Zeitschritt, Uhrzeit und einige meteorologische Größen an einem vom Benutzer bestimmten Kontrollpunkt ausgegeben (vgl. Abschnitt 6.4). Die Zeitserie dient der Kontrolle der Modellrechnungen und sollte nach jeder Rechnung sorgfältig auf Fehlerhinweise überprüft werden. Sie wird im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt.

**Ausgabe 5: Zeitserie integraler Werte – AM... .**

Zu jedem Zeitschritt der Modellrechnung werden von METRAS-PCL Zeitschritt, Uhrzeit und einige meteorologische Größen, integriert über das gesamte Modellgebiet ausgegeben (vgl. Abschnitt 6.5). Die Zeitserie dient der Kontrolle der Modellrechnungen und sollte nach jeder Rechnung sorgfältig auf Fehlerhinweise überprüft werden. Sie wird im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt.

**Ausgabe 6: Zeitserie Divergenz – ACm... .**

Zu jedem Zeitschritt der Modellrechnung wird von METRAS-PCL die Divergenz im Modellgebiet vor und nach dem Lösen des Drucklösers ausgegeben. Die Werte sollten nach dem Lösen klein sein, andernfalls kann dies auf eine beginnende numerische Instabilität hinweisen. Die Zeitserie dient der

Kontrolle der Modellrechnungen und sollte nach jeder Rechnung sorgfältig auf Fehlerhinweise überprüft werden. Sie wird im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt.

**Ausgabe 7: Zeitserie Drucklöser – AP . . .**

Zu jedem Zeitschritt der Modellrechnung wird von METRAS-PCL die zur Lösung des Drucklöser benötigte Anzahl von Iterationen angegeben. Das Residuum sollte sehr klein sein und die Anzahl der benötigten Iterationen nicht kontinuierlich steigen. Andernfalls kann dies auf eine beginnende numerische Instabilität hinweisen. Die Zeitserie dient der Kontrolle der Modellrechnungen und sollte nach jeder Rechnung sorgfältig auf Fehlerhinweise überprüft werden. Sie wird im Laufverzeichnis der Modellrechnung erzeugt.

## 5 Eingabedateien

### 5.1 Modellsteuerung

**Dateiname:** metras\_TAPE5

**Verzeichnis:** muss im Laufverzeichnis vorliegen

Diese Eingabedatei enthält alle Steuerdaten für eine Modellrechnung. Sie baut sich aus einer Folge von Schlüsselwörtern auf, denen ein oder mehrere Werte zugewiesen werden können. Dabei gelten folgende Regeln:

1. Die Reihenfolge der Schlüsselwörter darf nicht verändert werden und es dürfen keine neue Zeilen hinzugefügt werden.
2. Kommentare werden durch "#" eingeleitet. Sie können am Zeilenanfang oder im Anschluss an Steuerdaten in der gleichen Zeile stehen.
3. Steuerdaten sind durch  
`schlüsselwort = wert [wert [wert ...]]`  
 definiert. Leerzeichen davor und dazwischen werden ignoriert. Allerdings müssen mehrere Werte für ein Schlüsselwort durch mindestens ein Leerzeichen getrennt werden.
4. Innerhalb einer Zeile darf nur ein Schlüsselwort verwendet werden.
5. Werte können vom Typ Zeichen, Realzahl oder Integerzahl sein. Zeichenwerte müssen in " ' " (Apostroph) eingeschlossen werden (z.B. `run_case = 'Test1'`).

Folgende Schlüsselwörter werden in der Steuerdatei verwendet:

`run_case`

**Werttyp:** Zeichen  
**Bedeutung:** Frei wählbare Kennung der Modellrechnung. Die Namen aller Ausgabedateien werden automatisch um diese Kennung erweitert.  
**Wertebereich:** beliebige, aber maximal 8 alphanumerische Zeichen  
**Beispiel:** `run_case = 'Testlauf'`

`start_date`

**Werttyp:** Zeichen  
**Bedeutung:** `start_date` bezeichnet immer das Startdatum des **gesamten** Simulationszeitraumes im Format 'yy.mm.dd' (yy=Jahr, mm=Monat, dd=Tag). Im Fall eines Restarts ist also **nicht** der aktuelle Simulationstag anzugeben! Der erste Simulationstag wird modellintern als Simulationstag 0 geführt (siehe auch z.B. `blow_up`).  
**Wertebereich:** yy=00-99, mm=01-12, dd=01-28/31 (je nach Monat)  
**Beispiel:** `start_date = '98.01.12'`

`start_time`

**Werttyp:** Real  
**Bedeutung:** Uhrzeit der Initialisierung des Modells im Format h.mm (h=Stunde, mm=Minute). Es wird angenommen, dass die meteorologischen Initialisierungsprofile (siehe unten) zu dieser Uhrzeit gemessen worden sind bzw. gültig sind. Die Initialisierung muss in den Nachtstunden erfolgen, um möglichst ungestörte Anfangsfelder zu gewährleisten.  
**Wertebereich:** 0.00 - 6.00 (0<sup>00</sup> - 6<sup>00</sup>)  
**Beispiel:** `start_time = 3.15 # Modellinitialisierung erfolgt um 315`

`blow_up`

**Werttyp:** Integer

**Bedeutung:** Ende des Diastrophiezeitraums. Positive Werte bezeichnen den Zeitschritt, negative Werte die Uhrzeit im Format -ddhhmm (dd=Tag, wobei dd=00 der 1. Simulationstag ist; hh=Stunde; mm=Minute). Wird eine Modellrechnung für ebenes Gelände (Topographiehöhe einheitlich 0 m) durchgeführt, so darf `blow_up` identisch mit der Startzeit (`start_time`) sein bzw. bei positiver Wertzuweisung `blow_up=0`. In allen anderen Fällen muss sich aus der Wertzuweisung ein endlicher Diastrophiezeitraum ergeben (`blow_up` zeitlich auf `start_time` folgend bzw. `blow_up > 0`). Für die meisten Anwendungen sind Diastrophiezeiträume zwischen 5 Minuten und 1 Stunde sinnvoll.  
**Hinweis:** Den Schlüsselwörtern `blow_up`, `run_time`, `first_output` und `delta_output` müssen einheitlich Uhrzeiten (negative Werte) oder Anzahl von Zeitschritten (positive Werte) zugewiesen werden!

**Wertebereich:** negativ (Uhrzeit): dd >= 00, hh=00-23, mm=00-59  
 positiv (Zeitschritte): >= 0

**Beispiele:**  
`blow_up = -000010 # Diastrophie endet am 1. Simulationstag um 010`  
`blow_up = -010830 # Diastrophie endet am 2. Simulationstag um 830`  
`blow_up = 100 # Diastrophie endet nach 100 Zeitschritten`

`run_time`

**Werttyp:** Integer

**Bedeutung:** Ende des Simulationszeitraums. Format: siehe `blow_up`. `run_time` muß einen späteren Zeitpunkt als `start_time` bezeichnen. Ein Simulationszeitraum von mehr als 2 Tagen ist aufgrund der Modellannahmen (stationäre großskalige Situation) im Allgemeinen nicht sinnvoll.

**Wertebereich:** siehe `blow_up`

**Beispiel:** `run_time = -010100 # Simulation endet am 2. Simulationstag um 100`

`first_output`

**Werttyp:** Integer

**Bedeutung:** Zeitpunkt bzw. Zeitschritt der ersten Ausgabe von Modellergebnissen in die formatgebundene Ausgabedatei. Format: siehe `blow_up`.

**Wertebereich:** siehe `blow_up`, `first_output` darf keinen früheren Zeitpunkt als `start_time` bezeichnen.

**Beispiel:** `first_output = -000445 # Erste Modellausgabe am 1. Simulationstag um 445`

`delta_output`

**Werttyp:** Integer

**Bedeutung:** Ausgabeintervall von Modellergebnissen in die formatgebundene Ausgabedatei. Format: siehe `blow_up`, wobei die angegebenen Zeiten hier Zeiträume (und nicht Uhrzeiten) bedeuten.

**Wertebereich:** siehe `blow_up`

**Beispiel:** `delta_output = -000300 # Ausgabe erfolgt ab first_output alle 3 Stunden`

`restart_ctrl`

**Werttyp:** Integer

**Bedeutung:** Steuert die Startphase der Modellrechnung. Bei einem Kaltstart erfolgt zunächst eine Initialisierungsphase anhand der topographischen und meteorologischen Eingangsdaten, dann eine Diastrophiephase ("aufblasen" der Geländehöhen von 0 m auf die tatsächliche Höhe) bis zum Zeitpunkt `blow_up` (siehe unten). Bei einem Warmstart (=Restart) werden die binären Ergebnisse einer vorherigen Modellrechnung eingelesen und direkt weitergerechnet.

**Wertebereich:** 0 (=Kaltstart) oder 1 (=Warmstart)

**Beispiel:** `restart_ctrl = 0`

`diurnal_temp`

**Werttyp:** Integer

**Bedeutung:** Steuert die Bodenrandbedingungen für Temperatur und Feuchte. Modellrechnungen ohne Tagesgang: potentielle Temperatur und spezifische Feuchte werden am Boden konstant gleich den Werten am Ende der Diastrophiephase gehalten. Modellrechnungen mit Tagesgang: Bilanzgleichungen für potentielle Temperatur und Feuchte am Boden.

**Wertebereich:** 0: Rechnung ohne Tagesgang von Temperatur und Feuchte  
1: Rechnung mit Tagesgang von Temperatur und Feuchte

**Beispiel:** `diurnal_temp = 1`

`timestp_ctrl`

**Werttyp:** Real

**Bedeutung:** Steuert die automatische Berechnung der Länge des Zeitschritts. Ein Wert von 1. entspricht einer optimalen Berücksichtigung der bekannten numerischen Stabilitätskriterien. Größere Werte führen zu längeren Zeitschritten, geringerer numerischer Stabilität und kürzerer Rechenzeit. Kleinere Werte führen zu kürzeren Zeitschritten, höherer numerischer Stabilität und längerer Rechenzeit.  
**Hinweis:** Andere Werte als 1. sollten nur von sehr erfahrenen Anwendern eingesetzt werden!

**Wertebereich:** > 0. bis < 3. (dringend empfohlen: 1.)

**Beispiel:** `timestp_ctrl = 1.`

`cpu_minutes`

**Werttyp:** Real

**Bedeutung:** Maximale Rechenzeit (CPU-Zeit) in Minuten. Ist die Modellrechnung bis dahin noch nicht abgeschlossen, so werden in der Restartdatei die kurz vor Erreichen der CPU-Zeit berechneten Modellergebnisse gesichert. Eine neue Modellrechnung kann mit Hilfe dieser Restartdatei die Berechnung über den gesamten Simulationszeitraum abschließen.

**Wertebereich:** > 0.

**Beispiel:** `cpu_minutes = 1440. # maximale Rechenzeit 24 Stunden`

`time_geol`

**Werttyp:** Real

**Bedeutung:** Geographische Länge des Kontrollpunkts für die Zeitserienausgabe im Format gg.mmss (gg=Grad; mm=Minute; ss= Sekunde).  
**Hinweis:** Wird den Schlüsselwörtern `time_geol`, `time_geob` und `time_geoh` gleichzeitig ein Wert < -99. zugewiesen, so wird automatisch ein Kontrollpunkt etwa in der Mitte des Modellgebiets verwendet.

**Wertebereich:** gg=-180 bis +180; mm=00 - 59; ss=00 - 59  
(bei gg=+/-180: mm=ss=00)

**Beispiel:** `time_geol = 9.1523`  
(Kontrollpunkt bei 9°15'23" östl. Länge)

`time_geob`

**Werttyp:** Real

**Bedeutung:** Geographische Breite des Kontrollpunkts für die Zeitserienausgabe im Format gg.mmss (gg=Grad; mm=Minute; ss= Sekunde).  
**Hinweis:** siehe `time_geol`

**Wertebereich:** gg=-90 - +90; mm=00 - 59; ss=00 - 59  
(bei gg=+/-90: mm=ss=00)

**Beispiel:** `time_geob = 55.3215`  
(Kontrollpunkt bei 55°32'15" nördl. Breite)

`time_geoh`

**Werttyp:** Real

**Bedeutung:** Kontrollpunkthöhe in m über Grund für die Zeitserienausgabe.  
**Hinweis:** siehe `time_geol`

**Wertebereich:** > 0.

Beispiel:	<code>time_geoh = 1500.</code> (Kontrollpunkt 1500 m über Grund)
<code>outrecord_no</code>	
Werttyp:	Integer, maximal 200 Werte
Bedeutung:	Kennzeichnet die gewünschten Ausgabegrößen in der formatgebundenen Ausgabedatei. Zur Bedeutung der Record-Nummern vergleiche Abschnitt 6.3 und Anhang II. Die Record-Nummer 1000 sollte in jedem Fall enthalten sein, da sonst eine spätere Zuordnung zwischen Modellergebnissen und zugehörigen Zeitpunkten nicht möglich ist. Dieses Schlüsselwort darf fehlen, allerdings erfolgt dann auch keine Ausgabe von Modellergebnissen in die formatgebundene Ausgabedatei. <b>Hinweis:</b> Sinnvoll ist die Ausgabe der Koordinaten, um eine Zuordnung der Modellergebnisse zu ermöglichen.
Wertebereich:	Kombination aller gültigen Record-Nummern (siehe Anhang II).
Beispiel:	<code>outrecord_no = 11 12 13 1000 2000 2100 2200</code>
<code>topo_file</code>	
Werttyp:	Zeichen
Bedeutung:	Bezeichnet den Namen der Topographiedatei. Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.
Wertebereich:	zulässige Dateinamen
Beispiel:	<code>topo_file = 'harz80x80.dat'</code>
<code>restart_file</code>	
Werttyp:	Zeichen
Bedeutung:	Bezeichnet den Namen der binären Ausgabedatei der vorherigen Modellrechnung (Restartdatei). Dieses Schlüsselwort darf bei einem Kaltstart fehlen.
Wertebereich:	zulässige Dateinamen
Beispiel:	<code>restart_file = 'BRharz1'</code>
<code>form_file</code>	
Werttyp:	Zeichen
Bedeutung:	Bezeichnet den Beginn des Namens der formatgebundenen Ausgabedatei mit den Modellergebnissen. <b>Hinweis:</b> die mit <code>run_case</code> festgelegte Kennung wird angehängt
Wertebereich:	zulässige Dateinamen
Beispiel:	<code>form_file = 'BP'</code>
<code>binar_file</code>	
Werttyp:	Zeichen
Bedeutung:	Bezeichnet den Beginn des Namens der binären Ausgabedatei (Restartdatei für Folgerechnung). <b>Hinweis:</b> siehe <code>form_file</code> .
Wertebereich:	zulässige Dateinamen
Beispiel:	<code>binar_file = 'BR'</code>
<code>time_file</code>	
Werttyp:	Zeichen
Bedeutung:	Bezeichnet den Beginn des Namens der Ausgabedatei für die Zeitserie am Kontrollpunkt. <b>Hinweis:</b> siehe <code>form_file</code>
Wertebereich:	zulässige Dateinamen
Beispiel:	<code>time_file = 'AL'</code>
<code>integr_file</code>	
Werttyp:	Zeichen

**Bedeutung:** Bezeichnet den Beginn des Namens der Ausgabedatei mit den Zeitserien integraler Werte.

**Hinweis:** siehe `form_file`

**Wertebereich:** zulässige Dateinamen

**Beispiel:** `integr_file = 'AM'`

#### `profile_geol`

**Wertetyp:** Real

**Bedeutung:** Geographische Länge des (Mess-)Ortes des meteorologischen Initialisierungsprofils im Format gg.mmss (gg=Grad; mm=Minute; ss=Sekunde). Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Hinweis:** Wird den Schlüsselwörtern `profile_geol` und `profile_geob` gleichzeitig ein Wert  $< -999$  zugewiesen, so erfolgt die Initialisierung am niedrigsten Geländepunkt des Modellgebietes, bei mehreren gleich niedrigen Punkten an demjenigen mit der größten Rauigkeit. Liegt der Punkt außerhalb, so wird der ihm am nächsten liegende Punkt im Modellgebiet verwendet.

**Wertebereich:** gg=-180 - +180; mm=00 - 59; ss=00 - 59  
(bei gg=+/-90: mm=ss=00)

**Beispiel:** `profile_geol = 9.1523`  
(Initialisierungsprofile bei 9°15'23" östl. Länge)

#### `profile_geob`

**Wertetyp:** Real

**Bedeutung:** Geographische Breite des (Mess-)Ortes der meteorologischen Initialisierungsprofile im Format gg.mmss (gg=Grad; mm=Minute; ss=Sekunde). Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Hinweis:** siehe `profile_geol`

**Wertebereich:** gg=-90 - +90; mm=00 - 59; ss=00 - 59  
(bei gg=+/-90: mm=ss=00)

**Beispiel:** `profile_geob = 55.3215`  
(Initialisierungsprofile bei 55°32'15" nördl. Breite)

#### `sur_pressure`

**Wertetyp:** Real

**Bedeutung:** Nicht reduzierter Bodendruck in Pa am Ort der Initialisierungsprofile. Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Wertebereich:** meteorologisch sinnvoller Bodendruck

**Beispiel:** `sur_pressure = 101325.`  
(nicht reduzierter Bodendruck von 1013.25 hPa)

#### `height_ug`

**Wertetyp:** Real, maximal 200 Werte

**Bedeutung:** Höhen über Grund (in m) der Profilpunkte der geostrophischen West-Ost Windkomponente. Der erste Profilpunkt muss bei 0 m liegen! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Hinweis:** Die Anzahl und Höhen der Profilpunkte sollten mit denen der geostrophischen Süd-Nord-Komponente (`height_vg`) übereinstimmen!

**Wertebereich:**  $\geq 0$ .

**Beispiel:** `height_ug = 0.`  
(Profilpunkt bei 0. m)

#### `lscale_ug`

**Wertetyp:** Real, maximal 200 Werte

**Bedeutung:** Windgeschwindigkeiten der geostrophischen West-Ost Windkomponente in m/s an den durch `height_ug` definierten Profilpunkten (gleiche Reihenfolge einhalten!). Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Wertebereich:** meteorologisch sinnvolle Windgeschwindigkeiten

<p>Beispiel:</p> <p>height_vg</p> <p>Wertetyp:</p> <p>Bedeutung:</p> <p>Wertebereich:</p> <p>Beispiel:</p> <p>lscale_vg</p> <p>Wertetyp:</p> <p>Bedeutung:</p> <p>Wertebereich:</p> <p>Beispiel:</p> <p>height_t0</p> <p>Wertetyp:</p> <p>Bedeutung:</p> <p>Wertebereich:</p> <p>Beispiel:</p> <p>lscale_t0</p> <p>Wertetyp:</p> <p>Bedeutung:</p> <p>Wertebereich:</p> <p>Beispiel:</p> <p>height_tg</p> <p>Wertetyp:</p> <p>Bedeutung:</p> <p>Wertebereich:</p> <p>Beispiel:</p> <p>lscale_tg</p> <p>Wertetyp:</p>	<p>lscale_ug = -10. (geostrophische Windkomponente aus Ost mit 10. m/s)</p> <p>&gt;= 0.</p> <p>height_vg = 0. (Profilpunkt bei 0. m)</p> <p>Real, maximal 200 Werte</p> <p>Höhen über Grund (in m) der Profilpunkte der geostrophischen Süd-Nord Windkomponente. Der erste Profilpunkt muss bei 0 m liegen! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen. <b>Hinweis:</b> Die Anzahl und Höhen der Profilpunkte sollten mit denen der geostrophischen West-Ost-Komponente (height_ug) übereinstimmen!</p> <p>Real, maximal 200 Werte</p> <p>Windgeschwindigkeiten der geostrophischen Süd-Nord Windkomponente in m/s an den durch height_vg definierten Profilpunkten (gleiche Reihenfolge einhalten!). Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.</p> <p>meteorologisch sinnvolle Windgeschwindigkeiten</p> <p>lscale_vg = 8.5 (geostrophische Windkomponente aus Süd mit 8.5 m/s)</p> <p>Real, maximal 200 Werte</p> <p>Höhen über Grund (in m) der Profilpunkte der großskaligen (Real-) Temperatur. Der erste Profilpunkt muss bei 0 m liegen! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.</p> <p>&gt;= 0.</p> <p>height_t0 = 0. (Profilpunkt bei 0. m)</p> <p>Real, maximal 200 Werte</p> <p>Großskalige Realtemperaturen in K an den durch height_t0 definierten Profilpunkten (gleiche Reihenfolge einhalten!). Der erste Wert (bei z=0 m) kennzeichnet typischerweise die 2m-Lufttemperatur, nicht aber die Bodentemperatur! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen. <b>Hinweis:</b> Initialisierungsprofile von Realtemperatur und potentielltem Temperaturgradienten (siehe lscale_tg) können nur in folgenden Kombinationen verwendet werden: <b>Entweder</b> ein Profilpunkt der Realtemperatur (bei z=0.m) und ein oder mehrere Profilpunkte des potentiellen Temperaturgradienten <b>oder</b> mehrere Profilpunkte der Realtemperatur und kein Profilpunkt des potentiellen Temperaturgradienten.</p> <p>meteorologisch sinnvolle Realtemperaturen</p> <p>lscale_t0 = 295. (Bodennahe Lufttemperatur 295. K, zusätzliche Angabe Temperaturgradient nötig!)</p> <p>Real, maximal 200 Werte</p> <p>Höhen über Grund (in m) der Profilpunkte des potentiellen Temperaturgradienten. Der erste Profilpunkt muss bei 0 m liegen! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.</p> <p>&gt;= 0.</p> <p>height_tg = 0. 500. 1500. (Profilpunkte bei 0., 500., 1500. m)</p> <p>Real, maximal 200 Werte</p>
--	---

**Bedeutung:** Großskalige potentielle Temperaturgradienten in K/m **oberhalb** der durch `height_tg` definierten Profilpunkte (gleiche Reihenfolge einhalten!). Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.  
**Hinweis:** Siehe `lscale_t0`. Eine bis zum Modelloberrand durchgehend neutrale Schichtung (`lscale_tg = 0.`) ist in der Regel nicht sinnvoll und kann - insbesondere bei der zusätzlichen Vorgabe eines von 0 % abweichenden Feuchteprofils - zu unrealistischen Ergebnissen führen. Die atmosphärische Schichtung oberhalb der Grenzschicht ist allgemein stabil.

**Wertebereich:** meteorologisch sinnvolle potentielle Temperaturgradienten

**Beispiel:** `lscale_tg = 0.0035 0. 0.0027`  
(zwischen Boden und 500.m Höhe sowie oberhalb 1500.m stabile Schichtung, zwischen 500.m und 1500.m neutrale Schichtung; vergleiche `height_tg`)

`height_rh`

**Werttyp:** Real, maximal 200 Werte

**Bedeutung:** Höhen über Grund (in m) der Profilpunkte der relativen Feuchte. Der erste Profilpunkt muss bei 0 m liegen! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Wertebereich:**  $\geq 0$ .

**Beispiel:** `height_rh = 0. 500. 2000.`  
(Profilpunkte bei 0., 500., 2000. m)

`lscale_rh`

**Werttyp:** Real, maximal 200 Werte

**Bedeutung:** Großskalige relative Feuchten in % an den durch `height_rh` definierten Profilpunkten (gleiche Reihenfolge einhalten!). Der erste Wert (bei  $z=0$ .m) kennzeichnet typischerweise die 2m-Feuchte, nicht aber die Feuchte direkt am Boden! Dieses Schlüsselwort darf bei einem Warmstart fehlen.

**Wertebereich:**  $> 0\% - < 100\%$

**Beispiel:** `lscale_rh = 80. 68. 50.`  
(relative Feuchten von 80%, 68% und 50% an den durch `height_rh` definierten Punkten)

Eine Kurzreferenz dieser Schlüsselwörter findet sich im Anhang I.

## 5.2 Topographiedaten

**Dateiname:** wird durch Schlüsselwort `topo_file` in Steuerdatei `metras_TAPE5` festgelegt

**Verzeichnis:** Laufverzeichnis

Die Topographiedatei muss nur bei einem Kaltstart bereitgestellt werden und enthält, teilweise formatgebunden, alle notwendigen Daten zur Definition des Modellgebietes. Die Daten sind in aufeinanderfolgenden Blöcken angeordnet:

- Anzahl der Gitterpunkte (listengesteuertes Einlesen)
- geographischer Bezugspunkt (listengesteuertes Einlesen)
- Drehung des Gitters gegen Nord (listengesteuertes Einlesen)
- vertikale Gitterkoordinaten (listengesteuertes Einlesen)
- Modellkoordinaten der "linken unteren Ecke" (=Südwestecke, falls keine Drehung gegen Nord; formatgebundenes Einlesen)
- horizontale Gitterweiten und topographische Daten (formatgebundenes Einlesen)

Die Abbildung 3 enthält als Beispiel den Anfang einer Topographiedatei.

```
'ANZAHL DER GITTERPUNKTE: NX3 =' 32 ', NX2 =' 80 ', NX1 =' 4
'BEZUGSPUNKT [dd.mm.ss]: BREITE =' 51.0000 ', LAENGE =' -1.0000
'DREHWINKEL DES GITTERS =' 0.0000

'VEKTORIELLE Z-PUNKTE:'
-20. 0. 20. 40. 60.
84. 112. 145. 184. 230.
284. 347. 421. 508. 610.
730. 871. 1037. 1232. 1461.
1730. 2046. 2417. 2853. 3365.
3967. 4674. 5505. 6481. 7481.
8481. 9481. 10481. 11481. 12481.
YXMIN= -4000. YYMIN= -80000.
II IJ YDX YDY ZSURF YZ0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 LON. LAT.
0 0 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.060285 50.162311
1 0 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.042188 50.162145
2 0 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.024090 50.161976
3 0 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.005993 50.161805
4 0 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -0.991897 50.161631
5 0 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -0.973800 50.161455
0 1 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.060028 50.172784
1 1 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.041926 50.172617
2 1 2000. 2000. 0.00 0.150E-04 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 -1.023825 50.172449
```

Abbildung 3: Anfang einer Topographiedatei

**Block "Anzahl der Gitterpunkte":**

Dieser Block besteht aus einer Zeile und enthält formatfrei:

```
'text' NX3 'text' NX2 'text' NX1
```

Darin ist *text* jeweils ein beliebiger Kommentartext nicht vorgeschriebener Länge. *NX3*, *NX2* und *NX1* sind Integerwerte, die für die Anzahl der skalaren Gitterpunkte des Modellgebietes in z-, y- und x-Richtung stehen. Dabei werden die skalaren Randpunkte nicht mitgezählt. Das (skalare) Druckfeld beispielsweise ist dimensioniert als  $P_0(0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1)$ . Vergleiche hierzu auch Anhang II.

**Block "Bezugspunkt":**

Die zweite Zeile der Topographiedatei enthält formatfrei die geographischen Koordinaten vom Bezugspunkt des Modellgebietes. Als Bezugspunkt ist der Punkt des Modellgebietes mit den Modellkoordinaten  $x=y=0$ . definiert:

```
'text' EPHI 'text' ELAM
```

Darin ist *text* jeweils ein beliebiger Kommentartext nicht vorgeschriebener Länge. *EPHI* und *ELAM* sind Realwerte, die die geographische Breite und Länge des Bezugspunkts in der Einheit dd.mm.ss (dd=Grad; mm=Minute; ss= Sekunde) angeben.

**Block "Gitterdrehung":**

Dieser Block steht in der dritten Zeile der Topographiedatei und enthält formatfrei den Drehwinkel des Gitters gegen die Nordrichtung:

```
'text' EDREWI
```

Darin ist *text* ein beliebiger Kommentartext nicht vorgeschriebener Länge. *EDREWI* ist ein Realwert, der den mathematisch positiven Drehwinkel des Modellkoordinatensystems gegenüber einer Nord-Ost-Ausrichtung angibt. Drehpunkt ist der Bezugspunkt. *EDREWI* wird in der Einheit dd.mm.ss (dd=Grad; mm=Minute; ss= Sekunde) angegeben.

**Block "vertikale Gitterkoordinaten":**

Dieser Block beginnt (nach einer Leerzeile) in der fünften Zeile der Topographiedatei. Er enthält formatfrei die Höhen der vektoriellen (=w-Gitterpunkte)  $\eta$ -Flächen in m:

```
'text' YZZ(K), K = -1, NX3+1
```

Darin ist *text* ein beliebiger Kommentartext nicht vorgeschriebener Länge. *YZZ* bezeichnet die Höhen der  $\eta$ -Flächen. Die Werte von *YZZ* dürfen in Folgezeilen fortgesetzt werden. Die Höhe *YZZ* ( $K=NX3$ ) entspricht der Höhe des Modelloberrandes *YZTOP* (vergleiche Anhang II). Bei der Festlegung der  $\eta$ -Flächen ist darauf zu achten, dass die Zunahme der Gitterweite 20% nicht übersteigt. Zwischen  $k=-1$ ,  $k=1$  und  $k=2$  ist  $\Delta yzz \leq 20$  m einzuhalten.

**Block "Eckkoordinaten":**

Dieser Block enthält die modellinternen Koordinaten (in m) des vektoriellen u-Gitterpunkts bei  $i=0$  und des vektoriellen v-Gitterpunkts bei  $j=0$  im FORTRAN-Format 2 (7X, F9.0):

[text] YXMIN [text] YYMIN

Aufgrund des formatgebundenen Einlesens der Daten kann anstelle der Leerzeichen ("7X") ein Kommentartext wie im Beispiel der Abbildung 3 stehen. Die modellinternen Koordinaten beziehen sich auf den Bezugspunkt des Modells.

### Block "Topographiedaten":

Der letzte Block fasst die horizontalen Gitterweiten und topographische Daten zusammen. Die erste Zeile dieses Blocks wird nicht ausgewertet und kann als Kommentarzeile genutzt werden. Jede weitere Zeile enthält die Daten eines skalaren Gitterpunkts. Dabei wird das Modellgebiet, ausgehend vom Punkt  $i=j=0$ , für jeden  $j$ -Punkt in aufsteigender  $i$ -Richtung durchlaufen. Pro Zeile werden folgende Daten im FORTRAN-Format

9X, 2 (F9.0, 1X), F7.2, 1X, E9.3, 1X, 10 (F4.2, 1X), 1X, 2 (F12.6) angegeben:

YDX(I) YDY(J) YZSURF(J,I) YZ0(J,I) SURFRA(N,J,I), N=0,9) ALON(J,I) ALAT(J,I)

*YDX* ist die x-Gitterweite (in m) zwischen den vektoriellen u-Punkten, *YDY* die y-Gitterweite zwischen den vektoriellen v-Punkten. Bei der Festlegung der horizontalen Gitterweiten ist darauf zu achten, dass die Gitterweitenzu- bzw. Abnahme 20% nicht übersteigt.

*YZSURF* gibt die Geländehöhe in m über NN am skalaren Punkt an.

*SURFRA* sind die Anteile der Bodennutzungsklassen  $N=0,9$  innerhalb der Gitterzelle (z.B.  $0.15=15\%$  der Fläche). Die Klassenzuordnung und die in METRAS-PCL verwendeten Oberflächencharakteristiken sind in Anhang IV aufgeführt. Die Summe über alle zehn Klassen muss 1 ergeben (100 %).

*ALON* bzw. *ALAT* bezeichnet die geographischen Koordinaten des Gitterpunkts in der Einheit dd.mmss (dd=Grad; mm=Minute; ss= Sekunde). Sie werden für die Eingabe- und Ausgabesteuerung benötigt.

Senkrecht zu den Rändern des Modellgebietes sind Geländehöhe und Bodennutzungsanteile homogen vorzugeben (d.h. Werte bei  $i=0$  sind identisch denen bei  $i=1$  und  $i=2$ , analog  $i=NX1-1/NX1/NX1+1$ ,  $j=0/1/2$  und  $NX2-1/NX2/ NX2+1$ ).

**Hinweis:** Die letzte Zeile dieses Blocks darf nicht mit einem CR (carriage return) abgeschlossen sein! Dies führt zu einem Fehlerabbruch.

## 5.3 Restartdatei

**Dateiname:** wird durch Schlüsselwort `rest_file` in Steuerdatei `metras_TAPE5` festgelegt

**Verzeichnis:** Laufverzeichnis

Die Restartdatei muss nur bei einem Warmstart bereitgestellt werden. Sie ist identisch mit der binären Ausgabedatei der vorherigen Modellrechnung (siehe Abschnitt 6.3) und enthält alle notwendigen Daten zur Definition des Modellgebietes sowie die aktuellen meteorologischen Felder und Modellparameter zum Zeitpunkt des Abbruchs der vorherigen Rechnung.

## 6 Ausgabedateien

### 6.1 Laufzeitprotokolle

**Dateiname:** metras-rpt.nnn und metras-rpt.nnp

**Verzeichnis:** werden im Laufverzeichnis erzeugt

Die Laufzeitprotokolle enthalten wichtige Informationen über den Fortschritt der Modellrechnung. Sie werden automatisch in die Datei metras-rpt.nnn und metras-rpt.nnp im Laufverzeichnis der Modellrechnung geschrieben, wobei nnn eine Zahl zwischen 000 und 999 ist und nnp = nnn+1. Liegen bereits ein oder mehrere Laufzeitprotokolle im Verzeichnis vor, so werden die aktuellen Protokolle unter der ersten noch nicht belegten Zahl nnn abgespeichert. Auf diese Weise wird ein Überschreiben vorhandener Protokolle verhindert. Sind alle nnn vergeben, startet die Zählung wieder bei 000.

Das Protokoll nnn beinhaltet Informationen zu den eindimensionalen Profilen mit denen METRAS-PCL initialisiert wird. Das Protokoll nnp beinhaltet Informationen zu der dreidimensionalen Modellrechnung. Die Laufzeitprotokolle sollten nach jeder Modellrechnung sorgfältig auf Fehlerhinweise überprüft werden. Im Fall eines kontrollierten Abbruchs der Rechnung (internes Abfangen einer Fehlerbedingung durch STOP-Anweisung) enthalten die Laufzeitprotokolle neben der STOP-Meldung häufig detaillierte Angaben zur Fehlerursache. Aber auch bei einem unkontrollierten Abbruch und selbst im Fall einer regulär abgeschlossenen Modellrechnung sollte eine sorgfältige Auswertung der Protokolle in Hinblick auf Unregelmäßigkeiten (z.B. Beginn numerischer Instabilität) erfolgen.

Die Abbildung 4 stellt neun typische Abschnitte einer Protokolldatei dar. Je nach Anwendungsfall können sowohl zusätzliche Informationen enthalten sein als auch einzelne der hier erläuterten Abschnitte fehlen:

- ① Informationen zur Modellversion, Autoren, etc.

```

*****
*
*           M E T R A S   P C   Version 1.00
*           =====
*
* Copyright (C) 1998 Meteorological Institute, University of Hamburg,
*                   Germany
*
* Realization by Dr. K.H. Schlünzen, S. Dierer, H. Panskus
* (Meteorological Institute, University of Hamburg, Germany) and
* Dr. K. Bigalke (METCON Umweltmeteorologische Beratung, Pinneberg,
* Germany) in FE project 104 04 354 funded by the Umweltbundesamt (Berlin,
* Germany). METRAS PC is based on the mesoscale model METRAS.
*
* METRAS PC comes with absolutely no warranty. For details see LICENCE.TXT
* METRAS PC is free software. For details see LICENCE.TXT
*
*****

```

①

**Abbildung 4a-i:**  
Beispiele der  
Protokolldateien  
metras-rpt.nnn  
und metras-rpt.nnp  
(Erläuterungen siehe  
Text)

- ② Meldung über Startzeit der Modellrechnung, Beginn und Abschluss der 1d-Initialisierungsphase (Balancierung der Initialisierungsprofile) sowie Beginn der 3d-Simulation.

```

METRAS run started at 2007/03/29 17:39:44
Initialization - please wait ...
Ready with Initialization
3d-Simulation started - please wait ...
***** MITINI started at 2007-03-29 17:39:44
-----
...
...
*****
#####
I#999: Execution terminated. No fatal error detected.
      Stationarity achieved!
      (called by routine MITINI)
#####
***** 0 warning errors detected
***** MITINI terminated at 2007-03-29 17:39:45
METRAS run finished at 2007/03/29 17:59:22

```

②

- ③ Um eine vergleichbare Rechengenauigkeit unter verschiedenen Betriebssystemen zu gewährleisten, werden in METRAS-PCL Typvereinbarungen mit der in FORTRAN 90 möglichen Typparameterspezifikation `KIND=...` getroffen. Nach dem Anlegen der Modellvariablen erfolgt an dieser Stelle eine zweimalige Kontrollmeldung über den verwendeten Typparameter. Der Typparameter `KIND` beträgt für Realgrößen immer 8, für Integergrößen immer 4.

```

-----
| Meaning of following messages: |
| I#nnn: info message no. nnn |
| W#nnn: warning error message no. nnn |
| F#nnn: fatal error message no. nnn |
-----
====
=== Used KIND values: ===
=== REAL: KIND= 8 ===
=== INTEGER: KIND= 4 ===
=====
    
```

- ④ Meldung des verwendeten Gitterpunktes für die Initialisierung der dreidimensionalen Modellrechnung.

```

*-----
* n = 61
-----
    
```

- ⑤ Ausgabe einiger Kontrollgrößen:  
 Der erste Abschnitt enthält die geographischen Koordinaten des Bezugspunktes, den Drehwinkel des Modellgebiets und die Deklination der Sonne für den Simulationstag, jeweils in Dezimaldarstellung. Es folgt das Datum und der julianische Tag der Simulation.  
 Der zweite Abschnitt beginnt mit dem Wert des Schalters `INI` zur Kontrolle von Kalt- (=0) oder Warmstart (=1). Es folgen Parameter zur zeitlichen Kontrolle einer Initialisierungsphase<sup>1</sup> mit kürzeren Zeitschritten und einer größeren Genauigkeit des Drucklösers (`MINI/ZMINI`), der Diastrophiephase (`MAF/ZMAF`), des Simulationszeitraums (`NEND/ZNEND`), und der Ausgabe (`NAUS/ZNAUS`, `NDELTA/ZDELTA`). Die linke Spalte ("N"-Parameter) enthält Zeitschritt- bzw Zeitangaben, die rechte Spalte ("Z"-Parameter) Zeitangaben in Sekunden. Je nach Eingabegrößen in der Steuerdatei (vergleiche Schlüsselwörter `blow_up` etc. im Abschnitt 5.1) werden Zeitschritte (positive Werte) oder Zeiten (negative Werte) ausgegeben.  
 Der dritte Abschnitt enthält die Gitterindizes `k, j, i` des Kontrollpunktes für die Zeitserienausgabe.  
 Im vierten Abschnitt werden die internen Schalterbelegungen der Randbedingungen für Wind, Druckanteil  $p_2$ , Temperatur und Feuchte ausgegeben. Bei Rechnungen ohne Tagesgang steht hier als vorletzter Wert in der dritten und vierten Zeile eine "3", bei Rechnungen mit Tagesgang eine "5".

```

=====
control values at end of initialization routine OINMET:
=====
Latitude: 51.67 [deg]
Longitude: 10.50 [deg]
Rotation by: 0.00 [deg]
Declination: 23.45 [deg]
DATE: 96.06.21
jul. day: 172
-----
INI = 1
MINI = -19 ZMINI = 1140.0000
MAF = -15 ZMAF = 900.0000
NEND = ***** ZNEND = 32400.0000
NAUS = -300 ZNAUS = 10800.0000
NDELTA = -300 ZDELTA = 10800.0000
ZEITB = 0.0000 ZEITBS = 0.00
ZEIT = 0.0000
-----
    
```

<sup>1</sup> **Hinweis:** Die Initialisierungsphase dient der Ausbalanzierung der meteorologischen Felder. Sie ist im Modell auf 120 % des Diastrophiezeitraumes eingestellt. **Mindestens über den Zeitraum der Initialisierungsphase dürfen die Modellergebnisse nicht interpretiert werden**, da eine Angleichung an die Bedingungen im Modellgebiet noch nicht ausreichend erfolgt ist!

- ⑥ Ausgabe der aus der Topographiedatei (Kaltstart) oder der Restartdatei (Warmstart) eingelesenen Gitterdimensionen.

MMK = 16	⑥
MMJ = 15	
MMI = 15	

- ⑦ Nach jeweils 10 Minuten Modellzeit erfolgt eine Neuberechnung der Zeitschrittlänge, die aufgrund der aktuellen meteorologischen Situation auf Basis der bekannten numerischen Stabilitätskriterien zulässig ist. Im zweiten Beispiel dieser Meldung erfolgte die Berechnung zum Zeitschritt JN=1 bzw. zur Modellzeit 000 und JN=599 bzw. zur Modellzeit 100 (ZEIT im Format ddh.mm; dd=Simulationstag; hh=Stunde; mm=Minute). Der maximal zulässige Zeitschritt war aufgrund der Advektion in x- und z-Richtung sowie aufgrund der Horizontaldiffusion größer als 999.99 s (im Ausgabeformat nicht mehr darstellbar, deshalb "\*\*\*\*\*"). Bei expliziter Berechnung der Vertikaldiffusion wäre ein Zeitschritt von 9.23 s, bei impliziter Berechnung von 18,45 s zulässig. Als zulässiger Gesamtzeitschritt ergab sich bei einem expliziten Verfahren für die Vertikaldiffusion ein Wert von 6.14 s, bei dem impliziten Verfahren von 9.20 s (=maximale Zeitschrittlänge). Der tatsächlich verwendete Zeitschritt wird aus dem berechneten Gesamtzeitschritt so bestimmt, dass zur nächsten Neuberechnung des Zeitschritts (nach der Initialisierungsphase alle 10 Minuten) gerade ein ganzer Zeitschritt beendet worden ist. Zur Minimierung der benötigten Rechenzeit wurde im Beispiel ab dem folgenden Zeitschritt die Vertikaldiffusion implizit gelöst und der Zeitschritt von 30. s auf 60. s hochgesetzt. Die vorletzte Spalte enthält unter "Sedim." immer den Wert 0. Diese Spalte ist in der eingeschränkten METRAS-PCL Version ohne Bedeutung. Während einer Initialisierungsphase mit höherer Rechengenauigkeit wird der Zeitschritt grundsätzlich auf die Hälfte der berechneten Zeitschrittlänge gesetzt (siehe "OZEIT information: ..." im ersten Beispiel dieser Meldung).

=====								⑦
OZEIT at JN= 1 ZEIT= 0.0000 : Calculation of time step								
-----								
vertical	possible time step due to ... [sec]							
diffusion	x-Adv.	y-Adv.	z-Adv.	Dif.xy	Dif. z	Sedim.	total	
explicit	526.96	384.93	20.00	*****	9.23	*****	6.14	
implicit	526.96	384.93	20.00	*****	18.45	*****	9.20	
-----								
Old time step: 0.10 sec.								
New time step: 3.75 sec. ( Vertical diffusion: IMPLICIT )								
=====								
OZEIT information: To prevent late instabilities the time-step during								
initialization was set to 50 % of the permissible								
time step ( = 7.50 sec. ) !								
=====								
OZEIT at JN= 599 ZEIT= 1.0000 : Calculation of time step								⑦
-----								
vertical	possible time step due to ... [sec]							
diffusion	x-Adv.	y-Adv.	z-Adv.	Dif.xy	Dif. z	Sedim.	total	
explicit	509.13	373.80	27.88	*****	8.36	*****	5.86	
implicit	509.13	373.80	27.88	*****	16.72	*****	9.97	
-----								
Old time step: 10.00 sec.								
New time step: 7.50 sec. ( Vertical diffusion: IMPLICIT )								
=====								
info metras: Plot-Output M-structure at JN= 1558 time= 3.000								

- ⑧ Nach jeder Ausgabe einer A-, G- oder M-Struktur in die formatgebundene Ausgabedatei (vergleiche Abschnitt 6.2) wird die Ausgabe unter Angabe von Zeitschritt  $JN$  und Uhrzeit protokolliert. Anhand des Protokolls lässt sich so feststellen, welche Ausgabezeiten in der Ausgabedatei enthalten sind.

```

=====
info metras: write restartfile at 4.0000
info metras: Output A-structure for restart
info metras: Output G-structure for restart
info metras: Output M-structure for restart
=====

info metras: Plot-Output M-structure at JN= 2998 time= 6.000 ⑧
=====
info metras: write restartfile at 8.0000
info metras: Output A-structure for restart
info metras: Output G-structure for restart
info metras: Output M-structure for restart
=====

```

- ⑨ Meldung über Datum und Uhrzeit zum Abschluss der Modellrechnung.

```

=====
info metras: End of model run
=====

#####
I#999: Execution terminated. No fatal error detected.
      (called by routine METRAS)
##### ⑨
***** 0 warning errors detected
***** M3TRAS terminated at 2007-03-29 17:59:21

```

Falls die relative Feuchte einen Wert von 101% über Wasser oder über Eis überschreitet, wird im Protokoll einmalig eine Warnung ausgegeben. Die Modellrechnung wird weitergeführt, die Modellergebnisse sollten gewissenhaft auf ihre Glaubwürdigkeit hin geprüft werden. Realitätsnäher wäre in einer derartigen Situation eine Modellrechnung unter Berücksichtigung von Wolkenbildungsprozessen.

## 6.2 Formatgebundene Modellergebnisse

**Dateiname:** setzt sich aus dem in der Steuerdatei `metras_TAPE5` festgelegten Wert des Schlüsselwortes `run_case` und den Anfangsbuchstaben 'BP' und der Endung '\_form' zusammen

**Verzeichnis:** Laufverzeichnis

Der Inhalt der Datei für die formatgebundene Ausgabe der Modellergebnisse wird vom Anwender über eine Liste von Recordnummern bestimmt, die dem Schlüsselwort `outrecord_no` in der Steuerdatei `metras_TAPE5` zugewiesen wird. Ein ausführliches Verzeichnis der Recordnummern, der zugehörigen Ausgabegrößen sowie deren Dimensionen findet sich im Anhang II.

Die Ausgabe der Modellergebnisse von METRAS-PCL gliedert sich in einen "Header" und drei Ausgabestrukturen:

### "Header"

Der Header besteht aus einer Zeile mit vier Größen: Dimension der Modellrechnung (in METRAS-PCL immer: "3"), Anzahl skalarer Gitterpunkte im Modellgebiet in z-, y- und x-Richtung (NX3, NX2 und NX1).

### A-Ausgabestruktur

Diese Ausgabestruktur enthält **A**nfangswerte und zeitunabhängige Größen der Modellrechnung. Hierzu zählen z.B. Steuerparameter, Topographiedaten und Gitterweiten. Die Auswahl bestimmter Modellparameter, -variablen und -felder erfolgt über die Angabe von zweistelligen Recordnummern in der Werteliste des Schlüsselworts `outrecord_no`. Die A-Ausgabestruktur steht (falls entsprechende Recordnummern ausgewählt wurden) normalerweise einmal am Anfang der Ausgabedatei.

### G-Ausgabestruktur

In dieser Ausgabestruktur sind die **g**roßskaligen meteorologischen Felder zusammengefasst. Ihre Auswahl erfolgt über die Angabe dreistelliger Recordnummern. Erfolgt die erste Ausgabe innerhalb der Diastrophiephase, wird die A-Struktur nach Beendigung der Diastrophie nochmals aktualisiert ausgegeben. Die neuen A-Strukturen gelten dann für alle folgenden M-Strukturen. Diese Felder sind in METRAS-PCL zeitunabhängig. Die Ausgabe der G-Strukturen erfolgt deshalb nur nach Ausgabe der A-Strukturen (falls entsprechende Recordnummern ausgewählt wurden).

### M-Ausgabestruktur

Alle zeitabhängigen, d.h. überwiegend **m**esoskalige Größen, werden in dieser Ausgabestruktur zusammengefasst. Die zugehörigen Recordnummern sind vierstellig. Eine Ausgabe der M-Struktur erfolgt jeweils zu den durch die Schlüsselworte `first_output` und `delta_output` definierten Zeitschritten bzw. Zeitpunkten. Um die ausgegebenen Größen der richtigen Modellzeit zuordnen zu können, sollte grundsätzlich immer die Recordnummer 1000 (Zeitpunkt und Zeitschritt) mit in der Recordliste `outrecord_no` angegeben werden.

#### Die Ausgabe erfolgt nach folgenden Regeln:

Jeder Ausgabestruktur wird die Anzahl der Recordnummern sowie eine Liste der Recordnummern dieser Struktur vorangestellt.

1. In der Reihenfolge der Recordnummern werden die zugehörigen Felder ausgegebenen. Dabei wird pro Variable / Feld eine eigene `WRITE`-Anweisung ausgeführt (**nicht** pro Recordnummer!).
2. Alle `WRITE`-Anweisungen werden einheitlich mit dem FORTRAN-Format `10 (E15.9, 1X)` ausgeführt.

#### Beispiel 1:

In der Steuerdatei werden folgende Recordnummern gewählt:

`outrecord_no = 11 14 200 1000 2000`      Ausgegeben werden also (vgl. Anhang II):

Header		3 NX3 NX2 NX1	
A- Ausgabestru- ktur	Anzahl der Recordnummern in A	2	
	Recordnummern in A	11 14	
	Record 11	VAR 1	yxmin
		VAR 2	YDX (0:NX1+1)
		VAR 3	YTA (0:NX1)
		VAR 4	XVMET (0:NX1)
		VAR 5	Dummy (0:NX1+1)
VAR 6	Dummy (0:NX1+1)		

		VAR 7	ZMMI
	Record 14	Analog zu Record 11	
G-Ausgabe- struktur	Analog zu A		
M-Ausgabe- struktur	Analog zu A		

Die vom Modell erzeugte Ausgabe entspricht, wenn sie zu **zwei** Zeitpunkten erfolgt, einem FORTRAN 90 Code folgender Form:

```

!
! Typdeklarationen
!
INTEGER nx1, nx2, nx3, n, noreca, norecg, norecm
REAL zdim, yxmin, ydx(0:nx1+1), yta(0:nx1), xvmet(0:nx1), dummy(0:nx1+1) &
& , zmmi, ytd(0:nx2+1, 0:nx1+1), ug(0:nx3+1, 0:nx2+1, 0:nx1), &
& , zeit, jn, dt, dtold, ujn(0:nx3+1, 0:nx2+1, 0:nx1), znoreca &
& , znorecg, znorecm, stra(1:100), strg(1:900), strm(1:9000)
!
! Headerzeile schreiben
!
zdim = 3.
WRITE(60,8000) zdim ,float(nx3) ,float(nx2) ,float(nx1)
!
! Recordnummern zuweisen
!
noreca = 2
znoreca = 2.
stra(1) = 11.
stra(2) = 14.
norecg = 1
znorecg = 1.
strg(1) = 200.
norecm = 2
znorecm = 2.
strm(1) = 1000.
strm(2) = 2000.
!
!...
!
! Ausgabestruktur A
!
WRITE(60,8000) znoreca
WRITE(60,8000) (stra(n), n=1,noreca)
WRITE(60,8000) yxmin
WRITE(60,8000) ydx
WRITE(60,8000) yta
WRITE(60,8000) xvmet
WRITE(60,8000) dummy
WRITE(60,8000) dummy
WRITE(60,8000) zmmi
WRITE(60,8000) ytd
!
! G-Ausgabestruktur
!
WRITE(60,8000) znorecg
WRITE(60,8000) (strg(n), n=1,norecg)
WRITE(60,8000)UG
!
! M-Ausgabestruktur (1. Ausgabe)
!
WRITE(60,8000) znorecm
WRITE(60,8000) (strm(n), n=1,norecm)
WRITE(60,8000) zeit
WRITE(60,8000) jn
WRITE(60,8000) dt
WRITE(60,8000) dtold
WRITE(60,8000) ujn
!
!...
!
! M-Ausgabestruktur (2. Ausgabe)
!

```

```

WRITE (60,8000) znorecm
WRITE (60,8000) (strm(n), n=1,norecm)
WRITE (60,8000) zeit
WRITE (60,8000) jn
WRITE (60,8000) dt
WRITE (60,8000) dtold
WRITE (60,8000) ujn
!
! Format
!
8000 FORMAT(10(E15.9,1X))

```

**Beispiel 2:**

Im mitgelieferten Beispiel der Harzüberströmung enthält die Datei BPHarz\_form die A-Recordnummern 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19.

<b>1</b>	0.300000000E+01	0.320000000E+02	0.300000000E+02	0.300000000E+02
<b>2</b>	0.100000000E+02			
<b>3</b>	0.100000000E+02	0.110000000E+02	0.120000000E+02	0.130000000E+02
	0.140000000E+02	0.150000000E+02	0.160000000E+02	0.170000000E+02
	0.180000000E+02	0.190000000E+02		
<b>4</b>	0.100000000E+00	0.100000000E+00	0.200000000E+00	0.200000000E+00
	0.200000000E+00	0.150000000E+00	0.200000000E+00	0.150000000E+00
	0.100000000E+00	0.150000000E+00		
<b>5</b>	0.150000000E-06	0.740000000E-06	0.570000000E-06	0.520000000E-06
	0.520000000E-06	0.240000000E-06	0.520000000E-06	0.800000000E-06
	0.800000000E-06	0.230000000E-05		
<b>6</b>	0.100000000E+03	0.220000000E+01	0.105000000E+01	0.133000000E+01
	0.133000000E+01	0.300000000E+00	0.133000000E+01	0.216000000E+01
	0.216000000E+01	0.460000000E+01		
<b>7</b>	0.113841996E+00	0.252855690E+00	0.221918904E+00	0.211962261E+00
	0.211962261E+00	0.144000000E+00	0.211962261E+00	0.262906828E+00
	0.262906828E+00	0.445780215E+00		
<b>8</b>	0.100000000E+03	0.322000000E+00	0.260000000E-01	0.138000000E+00
	0.150000000E-01	0.423000000E+00	0.810000000E-01	0.121000000E+00
	0.161000000E+00	0.968000000E+00		
<b>9</b>	0.150000000E-04	0.200000000E-03	0.300000000E-03	0.100000000E-01
	0.100000000E-01	0.500000000E-01	0.100000000E+00	0.100000000E+01
	0.120000000E+01	0.700000000E+00		
<b>10</b>	-0.750000000E+05			
<b>11</b>	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04		
<b>12</b>	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04		
<b>13</b>	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04		
<b>14</b>	0.500000000E+04	0.500000000E+04		
<b>15</b>	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04		
<b>16</b>	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04	0.500000000E+04
	0.500000000E+04	0.500000000E+04		
<b>17</b>	...			

Zeile 1 enthält den Header, Zeile 2 die Anzahl der A-Recordnummern. Dann folgen die Recordnummern. In Zeile 4 beginnt der Inhalt der Recordnummer 10. Diese Recordnummer hat 6 Zeilen der Dimension 10 (siehe Anhang II), folglich beginnt die Recordnummer 11 in Zeile 10.

### 6.3 Binäre Modellergebnisse (Restartdatei)

**Dateiname:** setzt sich aus dem in der Steuerdatei `metras_TAPE5` festgelegten Wert des Schlüsselwortes `run_case` und den Anfangsbuchstaben 'BR' zusammen

**Verzeichnis:** Laufverzeichnis

Jede Modellrechnung erzeugt eine binäre Ausgabedatei, die alle Größen enthält (Anfangs-, großskalige und mesoskalige Felder, Modellparameter), die für eine Fortsetzung der Rechnung benötigt werden. Bei einem anschließenden Restart der Modellrechnung muss diese Binärdatei als Eingabedatei (Schlüsselwort `restart_file` in Steuerdatei `metras_TAPE5`) bereitgestellt werden.

**Hinweis:** Diese Datei dient ausschließlich als Eingabe für einen möglichen Restart. Änderungen an dieser Datei führen zu einem Absturz der Restartrechnung!

### 6.4 Zeitserie am Kontrollpunkt

**Dateiname:** setzt sich aus dem in der Steuerdatei `metras_TAPE5` festgelegten Wert des Schlüsselwortes `run_case` und den Anfangsbuchstaben 'AL' zusammen

**Verzeichnis:** Laufverzeichnis

Inhalt dieser Datei ist eine Zeitserie der zu jedem Modellzeitschritt am Kontrollgitterpunkt (Schlüsselwörter `time_geol`, `time_geob`, `time_geoh`) berechneten Größen. In der aktuellen Version von METRAS-PCL sind dies die Windkomponenten `UJN`, `VJN`, `WJN`, die mesoskalige potentielle Temperatur `TJN` und die mesoskalige spezifische Feuchte `QVJN`. Zur Erläuterung dieser Felder siehe Anhang II. Die Ausgabe erfolgt formatgebunden. Das Format und die Namen der ausgegebenen Größen sind Bestandteil der Datei, so dass Formatanweisungen und Beschriftungen in nachgeschalteten Programmen (z.B. Zeitserienplot) dynamisch erfolgen können.

Abbildung 5 erläutert den Aufbau der Zeitseriendatei:

Nach einer Leerzeile enthalten die nächsten drei Zeilen Angaben zur Laufkennung (hier: "flow\_n"), dem Ausgabegitterpunkt ("MMK=13" in z-Richtung, "MMJ=2" in y-Richtung, "MMI=2" in x-Richtung) und der Gesamtzahl an Zeitschritten ("NANZ"). Der Wert von `NANZ` entspricht nur bei der Vorgabe des Simulationszeitraums in Zeitschritten der tatsächlichen Zeitschrittzahl. Wird der Simulationszeitraum in Uhrzeiten vorgegeben, so steht `NANZ` standardmäßig auf 99999.

Die fünfte Zeile enthält das FORTRAN-Datenformat der Zeile 7 und die Anzahl der am Kontrollpunkt ausgegebenen Variablen ("5"). Aus Konsistenzgründen zu der Zeitserie integraler Werte (siehe Abschnitt 6.5) wird die Anzahl der Variablen zweimal ausgegeben.

In der sechsten Zeile folgt das ab Zeile 8 gültige Datenformat.

Zeile 7 enthält die Namen der ausgegebenen Variablen und ab Zeile 8 werden die berechneten Werte zu jedem Zeitschritt ausgegeben. Der erste Wert ist die Nummer des Zeitschritts, der zweite Wert die Uhrzeit in der Einheit `ddhh.mmsss` (`dd`=Simulationstag; `hh`=Stunde; `mm`=Minute; `sss`=10-tel Sekunde). Anschließend folgen die Werte der in Zeile 7 benannten Variablen.

```

1      MODEL RESULTS OF PROGRAM *MET-PC*          DATAINPUT BY USE OF FILE      *flow_n *
2      OUTPUT OF CONTROL VALUES AT GRID POINT WITH FOLLOWING COORDINATES: MMK= 13  MMJ= 2  MMI= 2
3      NUMBER OF CALCULATED AND PRINTED TIME-STEPSIN THE WHOLE FILE:      NANZ=99999
4      (18X, 5(3X,A8)) 5 5
5      (1X,I6,1X,F10.5,1X, 5(1X,E11.5))
6      ujn      vjn      wjn      theta      qvjn
7      0      0.00000  -.24246E-01  -.50219E+01  0.00000E+00  -.14340E-09  -.35734E-10
8      1      0.00300  -.24325E-01  -.50219E+01  0.73111E-06  -.35561E-09  -.89979E-10
9      2      0.01000  -.24402E-01  -.50218E+01  -.62106E-07  -.56963E-09  -.14391E-09
10     3      0.01300  -.24477E-01  -.50217E+01  -.10336E-05  -.78433E-09  -.19711E-09

```

**Abbildung 5:** Beispiel einer Zeitserie am Kontrollpunkt (Erläuterungen siehe Text)

## 6.5 Zeitserie integraler Werte

**Dateiname:** setzt sich aus dem in der Steuerdatei `metras_TAPE5` festgelegten Wert des Schlüsselwortes `run_case` und den Anfangsbuchstaben 'AM' zusammen

**Verzeichnis:** Laufverzeichnis

Diese Datei gleicht in ihrem Aufbau der Zeitserie am Kontrollpunkt (Abschnitt 6.4), enthält aber statt der Werte an einem einzelnen Gitterpunkt die über das Modellgebiet gemittelten Größen. Zusätzliche Ausgabegrößen sind die mittlere Divergenz (Betragsmittel) und die Indizes der Gitterebenen, in denen die größten Varianzen von Wind, Temperatur und Feuchte auftreten. Die Abbildung 6 enthält ein Beispiel dieser Ausgabedatei.

Die beiden letzten Werte in Zeile 5 bezeichnen die Anzahl der ausgegebenen meteorologischen Größen sowie die Anzahl der insgesamt ausgegebenen Größen (=meteorologische Größen + Indizes).

Ab Zeile 8 folgen dem Block von N meteorologischen Größen drei Blöcke mit N Gitterindizes, wobei die Reihenfolge der Gitterindizes mit der Reihenfolge der meteorologischen Größen korrespondiert. Der erste Block enthält die Vertikalindizes der x-y-Gitterebenen mit den größten Varianzen und der zweite und dritte Block die Horizontalindizes der x-z-Ebenen und y-z-Ebenen mit den größten Varianzen. Im betrachteten Beispiel der Abbildung 6 treten zum Zeitschritt 3 die größten Varianzen von UJN in der x-y-Gitterebene  $k=29$ , in der x-z-Ebene  $j=4$  und in der y-z-Ebene  $i=3$  auf (fett markiert). Für VJN / WJN / THETA / QVJN sind es die Ebenen  $k=3 / 8 / 19 / 7$ ,  $j=3 / 4 / 4 / 4$  und  $i=4 / 4 / 4 / 4$ .

```

1      MODEL RESULTS OF PROGRAM *MET-PC*          DATAINPUT BY USE OF FILE      *flow_n *
2      OUTPUT OF MEAN VALUES FOR CONTROL DATA
3      NUMBER OF CALCULATED AND PRINTED TIME-STEPSIN THE WHOLE FILE:      NANZ=99999
4      (18X, 6(3X,A8)) 6 21
5      (1X,I6,1X,F10.5,1X,E10.4, 5(1X,E11.5),3( 5(1X,F4.0)))
6      Diverg.  ujn.m  vjn.m  wjn.m  theta.m  qvjn.m
7      0      0.00000  0.0000E+00  0.36657E+00  -.46881E+01  0.00000E+00  0.28708E+03  0.15099E-04  1.  9.  60.  26.  17.  1.  1.  10.  1.  1.  1.  1.  10.  1.  1.
8      1      0.00300  0.1045E+01  0.36654E+00  -.46882E+01  0.83494E-06  0.28708E+03  0.15101E-04  29.  29.  24.  23.  8.  4.  3.  4.  4.  4.  3.  4.  4.  4.  4.
9      2      0.01000  0.4482E+01  0.36650E+00  -.46883E+01  0.10525E-05  0.28708E+03  0.15103E-04  29.  29.  19.  21.  15.  4.  3.  4.  4.  4.  3.  4.  4.  4.  4.
10     3      0.01300  0.5551E+01  0.36701E+00  -.46890E+01  0.10281E-05  0.28708E+03  0.15105E-04  29.  3.  8.  19.  7.  4.  3.  4.  4.  4.  3.  4.  4.  4.  4.

```

**Abbildung 6:** Beispiel einer Zeitserie integraler Werte (Erläuterungen siehe Text)

## **7 Vorbereitung und Durchführung einer Modellrechnung**

In diesem Kapitel wird die Vorbereitung und Durchführung von Modellrechnungen anhand eines Beispiels Schritt für Schritt erläutert. Die Überströmung des Harzes wird simuliert. Die Simulation (Kaltstart) beginnt am 21. Juni um 0<sup>00</sup> und endet um 9<sup>00</sup> des gleichen Tages.

### **Schritt 1: Laufverzeichnis erstellen**

Für diese Rechnung wird mit dem Terminalkommando `'mkdir Harz'` ein Laufverzeichnis in dem Verzeichnis `'/pfad/zu/metras-pcl/Beispiel/'` angelegt (der Name des Laufverzeichnisses und der Pfad sind nicht vorgeschrieben). Mit `'cd Harz'` wird in dieses Directory gewechselt und mit `'cp /input/pfad/metras-pcl/METRAS-PCL_4.0-beta_xxBit .'` das Modell und mit `'cp /input/pfad/metras-pcl/metras_TAPE5 .'` die Steuerdatei in das Laufverzeichnis kopiert. Hierbei muss mit xx die zu dem Computer passende 32 oder 64 Bit Version gewählt werden.

### **Schritt 2: Modellgebiet festlegen**

Das Modellgebiet soll einen Bereich zwischen etwa 9° 22' W / 50° 58' N (Südwestecke) und 11° 39' W / 52° 20' N (Nordostecke) mit einer äquidistanten horizontalen Gitterauflösung von 5 km abdecken. Der Bezugspunkt des Modellgebietes wird zu 10° 3' W / 51° 4' N festgelegt. Alle Modellkoordinaten werden bezüglich dieses Punktes berechnet. Das Modellgebiet ist in West-Ost (x-Richtung) und Süd-Nord (y-Richtung) ausgerichtet. (Die in diesem Beispiel verwendeten Topographiedaten entsprechen nicht den realen Gegebenheiten in dem geographischen Gebiet.)

Vertikal soll das Modellgebiet 32 Gitterebenen umfassen, wobei die vertikale Gitterweite entsprechend einem Spreizungsfaktor von 1.175 von bodennah 20 m bis auf 1 km am Modelloberrand (etwa in 11.5 km Höhe) anwachsen soll.

Einschließlich der Randgitterpunkte umfasst das Modellgebiet 30x30x32 Punkte (x-, y-, z-Richtung). Für die Parameter der Gitterdimensionierung ergibt sich somit  $NX1=30$ ,  $NX2=30$ ,  $NX3=32$ .

Für jeden Gitterpunkt des Modellgebietes sind

- die horizontalen Gitterweiten in x- und y-Richtung (hier äquidistant 5 km)
- die geographischen Koordinaten des skalaren Punktes
- die mittlere Orographiehöhe
- die Rauigkeitslänge und
- die Anteile der 10 Bodennutzungsklassen (Anhang IV) am Gitterpunkt (in diesem Fall wird an den Landpunkten Klasse 6 verwendet.)

festzulegen. Dies kann z.B. durch Digitalisierung von topographischen Karten erfolgen.

### **Schritt 3: Topographiedaten erstellen**

Aus den im Schritt 2 erarbeiteten Daten wird nun nach den in Abschnitt 5.2 erläuterten Regeln die Topographiedatei erstellt. Die Abbildung 3 zeigt, wie der Anfang der Topographiedatei aussieht. Die neu erstellte Topographiedatei wird als `'harz.top'` (oder entsprechend der Einstellung für das Schlüsselwort `'topo_file'` in der Steuerdatei `metras_TAPE5`) im Laufverzeichnis gespeichert.

Um Schritt 2 und 3 in diesem Beispiel abzukürzen, kann die mitgelieferte Datei `'harz.top'` kopiert werden. Für andere Gebiete müssen andere Topographiedateien erzeugt werden.

### **Schritt 4: Meteorologische Eingabedaten festlegen**

Als meteorologische Situation wird eine Anströmung aus Nordosten gewählt. Der Bodendruck soll 1013.25 hPa betragen, die atmosphärische Schichtung bis 2000m Höhe neutral, darüber leicht stabil sein mit einem potentiellen Temperaturgradienten von 0.0035 K/m. Die bodennahe Temperatur zum Simulationsbeginn (0<sup>00</sup>) liege bei 285 K  $\cong$  12°C. Die bodennahe relative Feuchte liege bei 50%, linear

abnehmend auf 5% in 11 km Höhe (5% in 11 km Höhe sind im Modell als Standard eingetragen). Da die aktuelle Version von METRAS-PCL kein Wolkenmodul enthält, sollte darauf geachtet werden das die relative Feuchte 100 % nicht überschreitet.

### **Schritt 5: Steuerdatei erstellen**

Die meteorologischen Initialisierungsdaten sowie Steuerparameter werden nun in der Steuerdatei `metras_TAPE5` eingegeben. Die Steuerdatei kann mit einem beliebigen Texteditor bearbeitet werden. Die Steuerdatei darf nicht um Zeilen erweitert oder verkürzt werden, da das Modell die Steuerdatei dann nicht mehr einlesen kann. Nach den Schlüsselwörtern und den ihnen zugewiesenen Werten dürfen Kommentare mit '#' eingefügt werden (vergleiche Kapitel 5.1).

Festlegung einer Simulationskennung, um die die Ausgabedateien erweitert werden:

```
run_case = 'Harz'
```

Die Simulation startet am 21.6.96 um 0<sup>00</sup>. Die Diastrophiephase (= "aufblasen" der Orographie) soll bis 0<sup>15</sup> andauern und die Simulation um 9<sup>00</sup> enden. Ausgaben der Modellergebnisse werden zum ersten Mal um 3<sup>00</sup>, dann in dreistündigen Intervallen gewünscht. Aus der Liste der möglichen Ausgabegrößen (Anhang II) werden einige Anfangs-, großskalige und mesoskalige Feldgrößen ausgewählt:

```
start_date = '96.06.21'
start_time = 0.00
blow_up = -0015
run_time = -900
first_output = -0300
delta_output = -0300
outrecord_no = .....
```

Es handelt sich um einen Kaltstart. Die Modellrechnung wird ohne Tagesgang von Temperatur und Feuchte durchgeführt und der Modellzeitschritt soll numerisch möglichst sicher gewählt werden. Spätestens nach 48 Stunden = 1440 Minuten Rechenzeit<sup>2</sup> soll die Rechnung abgebrochen werden:

```
restart_ctrl = 0
diurnal_temp = 0
timestp_ctrl = 1.
cpu_minutes = 2880.
```

Der Kontrollpunkt für die Zeitserienausgabe soll vom Modell selbständig gewählt werden, d.h. es werden keine geographische Koordinaten vorgegeben:

```
time_geol = -999.
time_geob = -999.
time_geoh = -999.
```

Die Topographiedatei heißt

```
topo_file = 'harz.top'
```

Schließlich sind noch die meteorologischen Initialisierungsdaten vorzugeben. Der Ort des Initialisierungsprofils soll vom Modell selbst bestimmt werden ("niedrigster, rauester Gitterpunkt"):

```
profile_geol = -999.
profile_geob = -999.
height_ug = 0.
lscale_ug = -7.07
height_vg = 0.
lscale_vg = -7.07
height_t0 = 0.
```

---

<sup>2</sup> Unter CPU-Zeit wird im vorliegenden Handbuch die reale Zeit des Modells im Rechner verstanden.

```
lscale_t0 = 285.  
height_tg = 0. 2000.  
lscale_tg = 0. 0.0035  
height_rh = 0.  
lscale_rh = 50.
```

Damit liegen alle Eingabedaten vor.

### **Schritt 6: Erste Modellrechnung starten (Kaltstart)**

Die Simulation wird mit dem Befehl `'nohup METRAS-PCL_4.0-beta_xxBit &'` im Laufverzeichnis gestartet.

Soll ein Restart erfolgen müssen folgende Schritte vorgenommen werden:

### **Schritt 7: Kontrolle der ersten Modellrechnung (Kaltstart)**

Vor einer Fortsetzung der Rechnung für den Zeitraum von 9<sup>00</sup> bis 24<sup>00</sup> sollten die Protokolldateien `metras-rpt.000` (im Laufverzeichnis) und `metras-rpt.001` sowie die Zeitserien `ALHarz` und `AMHarz` (beide im Laufverzeichnis) auf Fehlerhinweise kontrolliert werden und mit den Beispieldateien verglichen werden, die mit dem Modell ausgeliefert wurden.

### **Schritt 8: Steuerdatei für Restart ändern**

Für den Restart sind nur wenige Änderungen in der Steuerdatei `metras_TAPE5` notwendig.

Das Ende des Simulationslaufs wird durch

```
run_time = -2400
```

auf 24<sup>00</sup> geändert. Zur Restartsteuerung wird

```
restart_ctrl = 1  
restart_file = 'BRHarz'
```

gesetzt.

Die für den Restart überflüssigen Schlüsselwörter (`topo_file` sowie alle Angaben zum meteorologischen Initialisierungsprofil) können, müssen aber nicht auskommentiert werden.

### **Schritt 9: Zweite Modellrechnung starten (Restart)**

Die zweite Modellrechnung wird analog zu Schritt 6 gestartet.

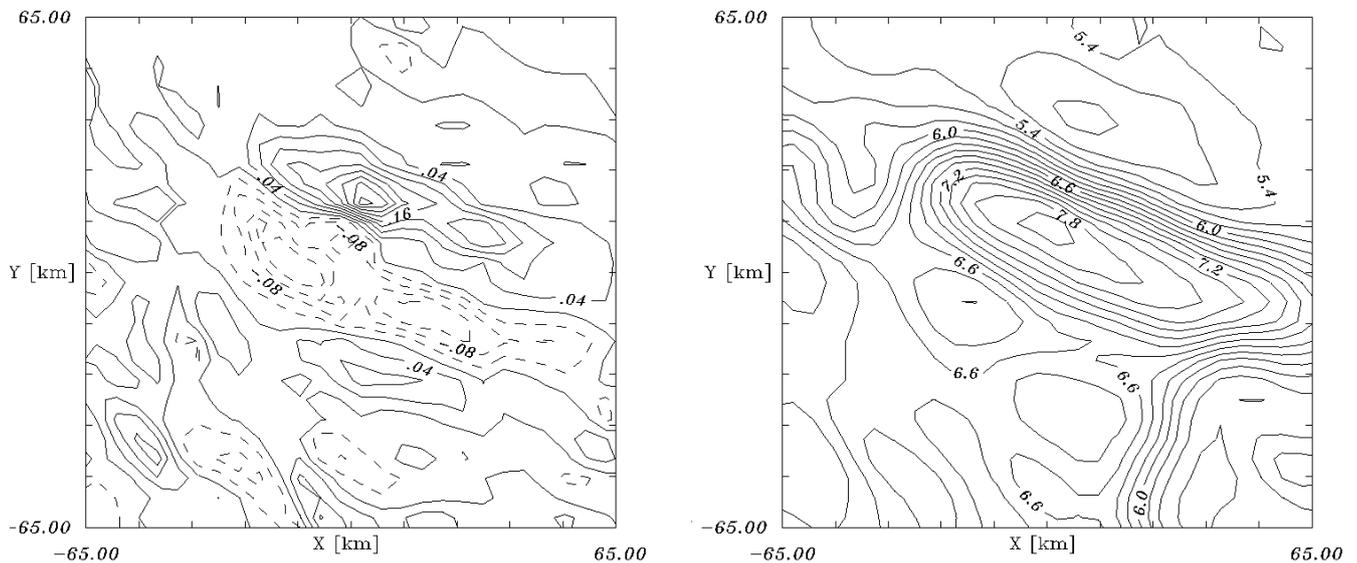
### **Schritt 10: Kontrolle der zweiten Modellrechnung (Restart)**

Auch nach dieser Rechnung sind die Protokolldateien `metras-rpt.002` und `metras-rpt.003` (im Laufverzeichnis) sowie die Zeitserien `ALHarz` und `AMHarz` auf Fehlerhinweise zu kontrollieren und mit den ausgelieferten Beispieldateien zu vergleichen.

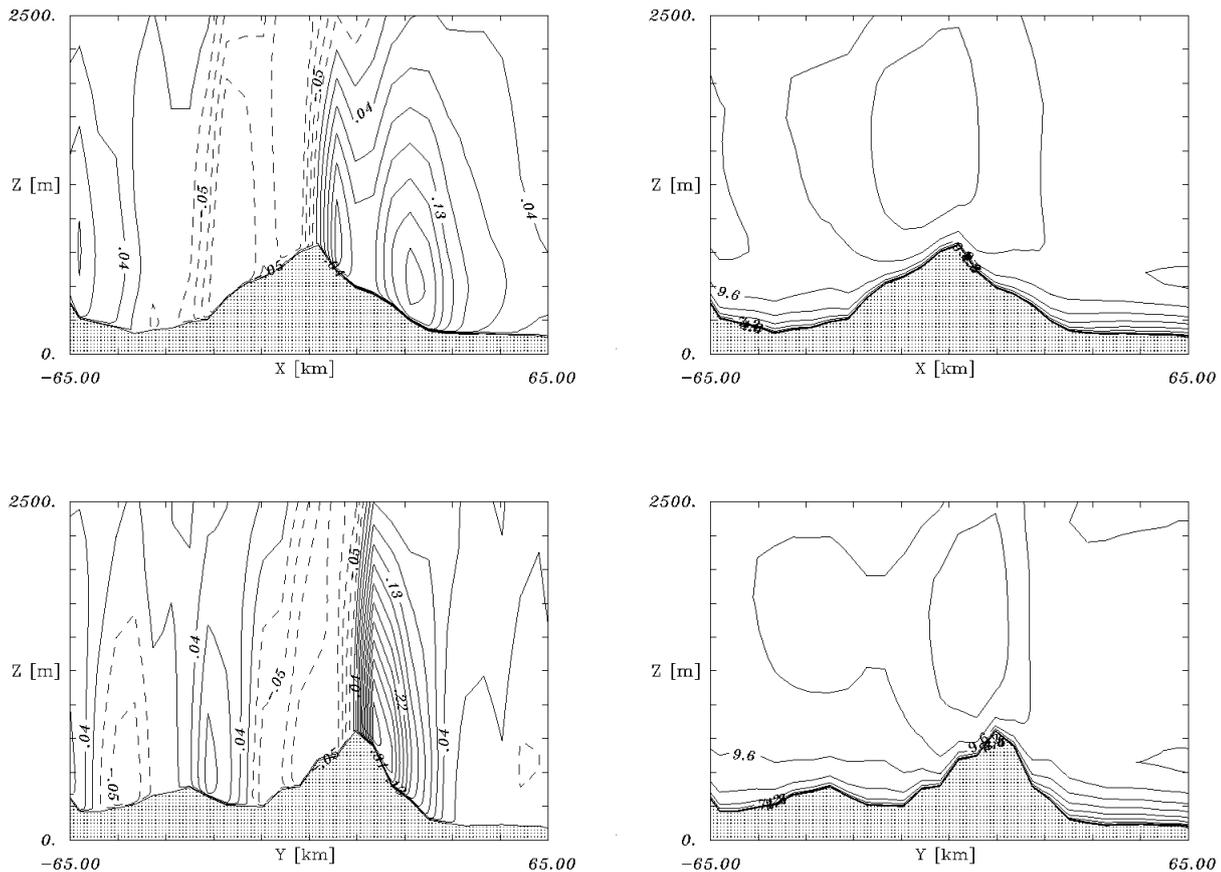
## 8 Beispielrechnung

Beispielhaft wird hier das Ergebnis für das mit METRAS-PCL gelieferte Anwendungsbeispiel gezeigt.

Die Eingabedateien für diesen Modellauf (metras\_TAPE5, harz.top) sind im Ordner `output_32bit` enthalten. Der Modellauf wurde mit den dort zu findenden Eingabedateien durchgeführt. Bei dieser Modellrechnung handelt es sich um eine Rechnung ohne Tagesgang (bis in 2000 m Höhe neutrale Schichtung, darüber stabil). Beispielhaft werden hier Ergebnisse nach 9 Stunden (Abbildungen 7a-b) gezeigt.



**Abbildung 7a:** Horizontalschnitt der simulierten Windfelder (Isolinien des Vertikalwindes (links) in etwa 20m über Grund, Isolinien des Horizontalwindes (rechts) in etwa 10m über Grund). Der Isolinienabstand beträgt beim Vertikalwind 0.04 m/s, beim Horizontalwind 0.2 m/s. Durchgezogene Isolinien bezeichnen positive Werte, gestrichelte Isolinien negative Werte. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Modellgebietes.



**Abbildung 7b:** Vertikalschnitte der simulierten Windfelder (Isolinien des Vertikalwindes links, Isolinien des Horizontalwindes rechts), orientiert in West-Ost-Richtung (oben) und in Süd-Nord-Richtung (unten). Die Schnitte sind am Gitterpunkt  $y=12.5\text{km}$  (West-Ost-Schnitt) bzw.  $x=2.5\text{km}$  (Süd-Nord-Schnitt) durchgeführt worden. Der Isolinienabstand beträgt beim Vertikalwind  $0.03\text{ m/s}$ , beim Horizontalwind  $0.8\text{ m/s}$ . Durchgezogene Isolinien bezeichnen positive Werte, gestrichelte Isolinien negative Werte. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Modellgebietes.

Die Anströmung erfolgt im Beispiel aus Nordosten. Daher entstehen östlich und nördlich des Harzes insbesondere im Bereich des Brocken Aufwinde und westlich und östlich Abwinde (Abbildung 9, links). Über den Berggipfeln ist die Geschwindigkeit erhöht (Abbildung 9, rechts). Der Horizontalschnitt (Abbildung 9a) macht dabei deutlich, dass nicht nur der Harz selbst, sondern auch benachbarte Mittelgebirgszüge (z.B. Ohmgebirge) erhöhte Geschwindigkeiten über den Gipfeln sowie Aufwinde in Luv und Abwinde in Lee aufweisen. Aufgrund der geringeren Geländehöhe sind sie aber weniger ausgeprägt als über dem Harz.

## Anhang I: Kurzreferenz der Schlüsselwörter

Die nachfolgende Liste enthält einen Überblick über die in der Steuerdatei `metras_TAPE5` gültigen Schlüsselwörter. Eine ausführliche Erläuterung findet sich in Abschnitt 5.1.

Werte können vom Zeichentyp ("C"), Integertyp ("I") oder Realtyp ("R") sein. Die in der Spalte "opt." mit "O" gekennzeichneten Schlüsselwörter dürfen in der Steuerdatei fehlen, mit "O<sub>K</sub>" gekennzeichnete dürfen bei einem Kaltstart, mit "O<sub>W</sub>" gekennzeichnete bei einem Warmstart fehlen. Alle anderen Schlüsselwörter sind zwingend vorgeschrieben. Nicht benötigte, aber in der Steuerdatei enthaltene Schlüsselwörter, werden ignoriert.

Schlüssel-wort	Typ	opt.	Erläuterung
<code>binar_file</code>	C		nicht mehr verwendet
<code>blow_up</code>	I		Ende der Diastrophiephase in Zeitschritten (positiv) oder Uhrzeit (negativ)
<code>cpu_minutes</code>	R		maximale Rechenzeit in Minuten
<code>delta_output</code>	I		Ausgabeintervall von Modellergebnissen in Zeitschritten (positiv) oder Zeitangaben (negativ)
<code>diurnal_temp</code>	I		0: ohne Tagesgang von Temperatur und Feuchte 1: mit Tagesgang von Temperatur und Feuchte
<code>first_output</code>	I		Erste Ausgabe von Modellergebnissen in Zeitschritten (positiv) oder Uhrzeit (negativ)
<code>fix_output</code>	I	O	nicht mehr verwendet
<code>form_file</code>	C		nicht mehr verwendet
<code>height_rh</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der relativen Feuchte: Höhen über Grund [m]
<code>height_t0</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der Realtemperatur: Höhen über Grund [m]
<code>height_tg</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der potentiellen Temperaturgradienten: Höhen über Grund [m]
<code>height_ug</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der geostrophischen West-Ost Windkomponente: Höhen über Grund [m]
<code>height_vg</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der geostrophischen Süd-Nord Windkomponente: Höhen über Grund [m]
<code>integr_file</code>	C		nicht mehr verwendet
<code>lscale_rh</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der relativen Feuchte: Feuchten [%]
<code>lscale_t0</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der Realtemperatur: Temperaturen [K]
<code>lscale_tg</code>	R	O <sub>W</sub>	Initialisierungsprofil der potentiellen Temperaturgradienten: Temperaturgradienten [K/m]

lscale_ug	R	O <sub>w</sub>	Initialisierungsprofil der geostrophischen West-Ost Windkomponente: Geschwindigkeiten [m/s]
lscale_vg	R	O <sub>w</sub>	Initialisierungsprofil der geostrophischen Süd-Nord Windkomponente: Geschwindigkeiten [m/s]
outrecord_no	I	O	Recordnummern der gewählten Ausgabegrößen (siehe Anhang II)
profile_geob	R	O <sub>w</sub>	geographische Breite des Orts der Initialisierungsprofile
profile_geol	R	O <sub>w</sub>	geographische Länge des Orts der Initialisierungsprofile
restart_ctrl	I		0: Kaltstart 1: Warmstart (Restart)
restart_file	C	O <sub>k</sub>	Name der Restartdatei (siehe Abschnitt 5.3)
run_case	C		Kennung (max. 8 Zeichen) der Modellrechnung, die an die Ausgabe-dateinamen angehängt wird.
run_time	I		Ende der Modellrechnung in Zeitschritten (positiv) oder Uhrzeit (negativ)
start_date	C		Datum des Simulationsbeginns (des Kaltstarts!)
start_time	R		Uhrzeit des Simulationsbeginns (des Kaltstarts!)
sur_pressure	R	O <sub>w</sub>	nicht reduzierter Bodendruck [Pa] am Ort der Initialisierungsprofile
time_file	C		nicht mehr verwendet
time_geob	R		geographische Breite des Kontrollpunkts
time_geoh	R		Höhe über Grund [m] des Kontrollpunkts
time_geol	R		geographische Länge des Kontrollpunkts
timestp_ctrl	R		Steuerung der Zeitschrittberechnung (Werte zwischen >0. und 3.) > 0.: numerisch sehr stabil = 1.: numerisch stabil (empfohlen) <= 3.: numerisch leicht instabil
topo_file	C	O <sub>w</sub>	Name der Topographiedatei (siehe Abschnitt 5.2)

## Anhang II: Liste der Ausgabegrößen

Alle nachfolgend aufgeführten Ausgabegrößen werden ausnahmslos als REAL-Variablen im FORTRAN-Format 10E15.9 in die Ausgabedatei geschrieben.

Die angegebenen Dimensionen bedeuten:

- NX1      Anzahl Gitterpunkte in x-Richtung
- NX2      Anzahl Gitterpunkte in y-Richtung
- NX3      Anzahl Gitterpunkte in z-Richtung

Rec. no.	Variable	Dimension	Erläuterung
<b><u>A-Ausgabestruktur: Anfangs- und konstante Größen</u></b>			
1	DUMMY	7 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
2	DUMMY	8 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
3	DUMMY	3 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
4	DUMMY	3 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
5	DUMMY	5 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
10	ALBEDO	0:9	Albedo $A$ [/] der Bodennutzungsklassen 0 bis 9
	THEDIFF	0:9	thermische Diffusivität $k_s$ [ $m^2s^{-1}$ ] der Bodennutzungsklassen 0 bis 9
	THECON	0:9	thermische Leitfähigkeit $\nu_s$ [ $J(Ksm)^{-1}$ ] der Bodennutzungsklassen 0 bis 9
	THDEEP	0:9	Skalengröße $h_e$ [m] für die Eindringtiefe der Bodentemperaturwelle der Bodennutzungsklassen 0 bis 9
	QVDEEP	0:9	Skalengröße $h_q$ [m] für die Eindringtiefe von Feuchtigkeitsänderungen in den Boden der Bodennutzungsklassen 0 bis 9
	YZOCLS	0:9	Rauhigkeitslänge $z_0$ [m] der Bodennutzungsklassen 0 bis 9
11	YXMIN	1	x-Koordinate [m] des vektoriellen u-Gitterpunkts $i=0$
	YDX	0:NX1+1	Gitterweite $\Delta x$ [m] zwischen vektoriellen u-Gitterpunkten

	YTA	0:NX1	Gitterweite $\Delta x$ [m] zwischen skalaren Gitterpunkten
	XVMET	0:NX1	x-Koordinate [m] der vektoriellen u-Gitterpunkte
	dummy	0:NX1+1	Dummyfeld
	dummy	0:NX1+1	Dummyfeld
	ZMMI	1	i-Gitterpunktindex Kontrollpunkt Zeitserie
12	YYMIN	1	y-Koordinate [m] des vektoriellen v-Gitterpunkts j=0
	YDY	0:NX2+1	Gitterweite $\Delta y$ [m] zwischen vektoriellen v-Gitterpunkten
	YTB	0:NX2	Gitterweite $\Delta y$ [m] zwischen skalaren Gitterpunkten
	YVMET	0:NX2	y-Koordinate [m] der vektoriellen v-Gitterpunkte
	dummy	0:NX2+1	Dummyfeld
	dummy	0:NX2+1	Dummyfeld
	ZMMJ	1	j-Gitterpunktindex Kontrollpunkt Zeitserie
13	YZTOP	1	Höhe $z_{top}$ [m] des Modelloberrandes (vektorieller w-Gitterpunkt bei k=NZ)
	YDZ	0:NX3+1	Gitterweite $\Delta \eta$ [m] zwischen vektoriellen w-Gitterpunkten
	YTC	0:NX3	Gitterweite $\Delta \eta$ [m] zwischen skalaren Gitterpunkten
	ZVMET	0:NX3, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Höhe $z$ [m] der vektoriellen w-Gitterpunkte
	dummy	0:NX3+1	Dummyfeld
	dummy	0:NX3+1	Dummyfeld
	ZMMK	1	k-Gitterpunktindex Kontrollpunkt Zeitserie
14	YTD	0:NX2+1, 0:NX1	Geländesteigung $\partial_s/\partial x$ [ ] an vektoriellen u-Gitterpunkten
15	YTE	0:NX2, 0:NX1+1	Geländesteigung $\partial_s/\partial y$ [ ] an vektoriellen v-Gitterpunkten
16	YTF	0:NX3	Transformationskonstante $F = 1 - \eta/z_t$ [ ] an vektoriellen w-Gitterpunkten
	YETA	0:NX3+1	
17	YTG	0:NX2+1, 0:NX1+1	Transformationskonstante $G = (z_t - z_s)/z_t$ [ ] an skalaren Gitterpunkten

	YZSURF	0:NX2+1, 0:NX1+1	Geländehöhe $z_s$ [m] an skalaren Gitterpunkten
	YZSSVV	0:NX2, 0:NX1	Geländehöhe $z_s$ [m] an doppelt-vektoriellen Gitterpunkten (Mittelpunkt zwischen u- und v-Gitterpunkten)
18	EPHI	1	Geographische Breite des Bezugspunktes [rad]
	ELAM	1	Geographische Länge des Bezugspunktes [rad]
	EDREWI	1	Drehwinkel des Modellgebietes
	ELON	0:NX2+1, 0 :NX1+1	Geographische Breite der Gitterpunkte [rad]
	ELAT	0:NX2+1, 0 :NX1+1	Geographische Länge der Gitterpunkte [rad]
19	YZ0	0:NX2+1, 0:NX1+1	Rauhigkeitslänge $z_0$ [m] an skalaren Gitterpunkten
	SURFRA	0:9, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Anteil der Bodennutzungsklassen 0 bis 9 an skalaren Gitterpunkten
20		3 x 2	Nicht für Ausgabe gedacht
32		3 x 2	Nicht für Ausgabe gedacht
50		3 x 2	Nicht für Ausgabe gedacht
70		3 x 2	Nicht für Ausgabe gedacht
<b><u>G-Ausgabestruktur: Großskalige Größen</u></b>			
100	DUMMY	3 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
101	DUMMY	2 x 1	Nicht für Ausgabe gedacht
200	UG	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1	geostrophische West-Ost Windkomponente $U_g$ [m/s] an vektoriellen u-Gitterpunkten
210	VG	0:NX3+1, 0:NX2, 0:NX1+1	geostrophische Süd-Nord Windkomponente $V_g$ [m/s] an vektoriellen v-Gitterpunkten
220	DUMMY	0:NX3, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Nicht für Ausgabe gedacht
300	P0	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	großskaliger Druck $p_0$ [Pa] an skalaren Gitterpunkten
400	RHO0	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	großskalige Dichte $\rho_0$ [kg/m <sup>3</sup> ] an skalaren Gitterpunkten
500	T0	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	großskalige potentielle Temperatur $\theta_0$ [K] an skalaren Gitterpunkten
501	DUMMY	0:NX2+1,0:NX1+1	Nicht für Ausgabe gedacht

502	DUMMY	0:NX2+1,0:NX1+1	Nicht für Ausgabe gedacht
700	QV0	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	großskalige spezifische Feuchte $q_0$ [kg/kg] an skalaren Gitterpunkten
<b><u>M-Ausgabestruktur: Mesoskalige und zeitabhängige Größen zum Ausgabezeitpunkt</u></b>			
1000	ZEIT	1	Ausgabezeitpunkt der M-Ausgabestruktur
	JN	1	Ausgabezeitschritt der M-Ausgabestruktur
	DT	1	aktuelle Zeitschrittlänge $\Delta t$ [s]
	DTOLD	1	Zeitschrittlänge $\Delta t$ [s] des vorherigen Zeitschritts
1100	QVCONT	0:9, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Bodenwassergehalt $W_s$ [l] der Bodennutzungs-klassen 0 bis 9 an skalaren Gitterpunkten
1900	YZ0	0:NX2+1, 0:NX1+1	Rauhigkeitslänge $z_0$ [m] an skalaren Gitterpunkten
	SURFRA	0:9, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Anteil der Bodennutzungsklassen 0 bis 9 an skalaren Gitterpunkten
2000	UJN	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1	West-Ost Windgeschwindigkeit $\bar{u}$ [m/s] an vektoriellen u-Gitterpunkten
2001	DUMMY	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1	Nicht für Ausgabe gedacht
2100	VJN	0:NX3+1, 0:NX2, 0:NX1+1	Süd-Nord Windgeschwindigkeit $\bar{v}$ [m/s] an vektoriellen v-Gitterpunkten
2101	DUMMY	0:NX3+1, 0:NX2, 0:NX1+1	Nicht für Ausgabe gedacht
2200	WJN	0:NX3, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Vertikalwindgeschwindigkeit $\bar{w}$ [m/s] im kartesischen System an vektoriellen w-Gitterpunkten
2201	DUMMY	0:NX3, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Nicht für Ausgabe gedacht
2400	WOMEGA	0:NX3, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Vertikalwindgeschwindigkeit $\bar{\omega}$ [m/s] im transformierten $\eta$ -System an vektoriellen w-Gitterpunkten
3100	P1	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Druckanteil $p_1$ [Pa] am Gesamtdruck ("thermischer" Druck) an skalaren Gitterpunkten
3200	P2	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Druckanteil $p_2$ [Pa] am Gesamtdruck ("dynamischer" Druck) an skalaren Gitterpunkten
4000	RHOM	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	mesoskalige Dichte $\tilde{\rho}$ [kg/m <sup>3</sup> ] an skalaren Gitterpunkten
5000	TJN	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	mesoskalige potentielle Temperatur $\tilde{\theta}$ [K] an skalaren Gitterpunkten

5003	TPSUM	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	potentielle Gesamttemperatur $\bar{\theta}$ [K] an skalaren Gitterpunkten
6000	AVERU	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	vertikaler Diffusionskoeffizient für Impuls $K_{vert}$ [m <sup>2</sup> /s] an skalaren Gitterpunkten
6010	AVERPHI	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	vertikaler Diffusionskoeffizient für skalare Größen $K_{vert,\chi}$ [m <sup>2</sup> /s] an skalaren Gitterpunkten
6020	WDEV	0:NX3, 0:NX2+1, 0:NX1+1	Vertikalwindfluktuation $\overline{w'^2}$ [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ] an vektoriellen w-Gitterpunkten
6500	USTERN	1:NX2, 1:NX1	Schubspannungsgeschwindigkeit $u_*$ [m/s] an skalaren Gitterpunkten
6501	TSTERN	1:NX2, 1:NX1	Skalengröße der Temperatur $\theta_*$ [K] an skalaren Gitterpunkten
6502	FZDL	1:NX2, 1:NX1	$z/L$ [l] an skalaren Gitterpunkten
6503	QVSTERN	1:NX2, 1:NX1	Skalengröße der Feuchte $q_*$ [kg/kg] an skalaren Gitterpunkten
6700	ZINV	1:NX2, 1:NX1	Inversionshöhe $z_{inv}$ [m] an skalaren Gitterpunkten
6710	WSTERN	1:NX2, 1:NX1	konvektive Skalengröße $w_*$ [m/s] an skalaren Gitterpunkten
7000	QVJN	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	mesoskalige spezifische Feuchte $\tilde{q}$ [kg/kg] an skalaren Gitterpunkten
7003	QVSUM	0:NX3+1, 0:NX2+1, 0:NX1+1	spezifische Gesamtfeuchte $\bar{q}$ [kg/kg] an skalaren Gitterpunkten
7505	T2M	1:NX2, 1:NX1	Temperatur $T_{2m}$ [K] in 2m über Grund an skalaren Gitterpunkten
7507	QVRF2M	1:NX2, 1:NX1	relative Feuchte $rh_{2m}$ [%] in 2m über Grund an skalaren Gitterpunkten

## Anhang III: Liste der Fehlermeldungen

Die nachfolgende Liste enthält die im Fall eines kontrollierten Abbruchs<sup>3</sup> auf den Bildschirm bzw. in die Protokolldatei ausgegebenen Fehlermeldungen sowie deren Ursache und Hinweise zur Fehlerbehebung. Zusätzlich sollte auch im Fall eines kontrollierten Abbruchs der Modellrechnung grundsätzlich die Protokolldatei `metras-rpt.nnn` auf zusätzliche Hinweise zur Fehlerursache überprüft werden.

Tritt bei einem kontrollierten Abbruch eine andere als die hier aufgeführten Fehlermeldungen auf, sollten die Modellautoren benachrichtigt werden.

Die Liste der Fehlermeldungen ist alphabetisch nach dem Namen der Module sortiert, die die Meldung erzeugen.

- **Meldung:** `error M3TRAS: ZNEND < ZEIT !`  
Ursache: Als Ende der Modellrechnung ist ein Zeitpunkt **vor** der Startzeit angegeben worden.  
Fehlerbehebung: Startzeit (`start_time`) oder Ende der Modellrechnung (`run_time`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` korrigieren.
- **Meldung:** `error MKINPUT: unknown keyword in METRAS control file!`  
Ursache: In der Steuerdatei `metras_TAPE5` steht ein unbekanntes Schlüsselwort.  
Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen und Schlüsselwort korrigieren.
- **Meldung:** `error MKINPUT: missing "=" in METRAS control file!`  
Ursache: In der Steuerdatei `metras_TAPE5` fehlt zwischen Schlüsselwort und Wert ein Gleichheitszeichen (=).  
Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen und fehlendes Gleichheitszeichen (=) einfügen.
- **Meldung:** `error MKINPUT: unknown value type in METRAS control file!`  
Ursache: In der Steuerdatei `metras_TAPE5` wurde einem Schlüsselwort ein falscher Wertetyp zugewiesen (z.B. Zeichenfolge statt numerischer Wert).  
Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen, zulässigen Wertetyp feststellen und Wert korrigieren.

---

<sup>3</sup> Unter einem "kontrollierten Abbruch" ist solch ein Abbruch der Modellrechnung zu verstehen, bei dem aufgrund einer Fehlererkennung durch das Programm eine STOP-Anweisung mit entsprechender Fehlermeldung ausgeführt wird. Davon zu unterscheiden ist der "unkontrollierte Abbruch", bei dem vom Programm selbst keine Fehlermeldung ausgegeben wird (z.B. "overflow" bei Überschreiten des systemabhängig zulässigen Wertebereichs von Zahlen). Unkontrollierte Abbrüche sind fast immer Folge unrealistischer Eingabedaten (z.B. durchgehend labile Schichtung) oder numerischer Instabilitäten.

- **Meldung:** `error MKINPUT: missing keyword in control data file "metras_TAPE5"!`

Ursache: In der Steuerdatei `metras_TAPE5` fehlt ein zwingend erforderliches Schlüsselwort.

Fehlerbehebung: Fehlendes Schlüsselwort und Wertzuweisung in die Steuerdatei aufnehmen.
- **Meldung:** `error MKINPUT: unallowed value(s) in control data file "metras_TAPE5"!`

Ursache: In der Steuerdatei `metras_TAPE5` wurde einem Schlüsselwort ein unzulässiger Wert zugewiesen.

Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen und unzulässigen Wert korrigieren.
- **Meldung:** `error OASTAR: U*.LT.1.E-10`

Ursache: Iterative Berechnung von  $u_*$  konvergiert nicht.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile in der Steuerdatei `metras_TAPE5` prüfen, modifizieren und Rechnung wiederholen. Falls die Fehlermeldung erneut auftritt, Autoren von METRAS-PCL benachrichtigen.
- **Meldung:** `error OCHKRA: A-rec.no. exceeds 100 elements!`

Ursache: Es wurden mehr als 100 Recordnummern der Ausgabestruktur A gewählt.

Fehlerbehebung: Weniger Recordnummern (`outrecord_no`) der Ausgabestruktur A in der Steuerdatei `metras_TAPE5` angeben.
- **Meldung:** `error OCHKRG: G-rec.no. exceeds 900 elements!`

Ursache: Es wurden mehr als 900 Recordnummern der Ausgabestruktur G gewählt.

Fehlerbehebung: Weniger Recordnummern (`outrecord_no`) der Ausgabestruktur G in der Steuerdatei `metras_TAPE5` angeben.
- **Meldung:** `error OCHKRM: M-rec.no. exceeds 9000 elements!`

Ursache: Es wurden mehr als 9000 Recordnummern der Ausgabestruktur M gewählt.

Fehlerbehebung: Weniger Recordnummern (`outrecord_no`) der Ausgabestruktur M in der Steuerdatei `metras_TAPE5` angeben.
- **Meldung:** `error OGEUBE: no convergence`

Ursache: Die iterative Berechnung der anfänglichen Druck- und Feuchteprofile konvergiert nicht.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile (`height_...`, `lscale_...`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` prüfen, modifizieren und Rechnung wiederholen. Falls die Fehlermeldung erneut auftritt, Autoren von METRAS-PCL benachrichtigen.

- **Meldung:** `error OINGAF: error while reading tape51`  
Ursache: Die Topographiedatei entspricht nicht dem vorgeschriebenen Format.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei auf Einhaltung des Datenformats überprüfen und korrigieren.
- **Meldung:** `error OINGAF: wrong fractional surface (see output)`  
Ursache: Die Anteilige Bodennutzung SURFRA(N,J,I), N=0,9 ist mindestens an einem Gitterpunkt (J,I) in der Summe über alle Bodenklassen (N=0,9) größer als eins.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und so korrigieren, daß die anteiligen Bodennutzungen summarisch eins ergebenden.
- **Meldung:** `error OINITI: wrong use of time/time-steps`  
Ursache: Zeitangaben zur Laufzeitsteuerung in der Steuerdatei `metras_TAPE5` sind nicht einheitlich positiv oder negativ.  
Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen und Zeitangaben zur Laufzeitsteuerung (`blow_up`, `run_time`, `first_output`, `delta_output`, `fix_output`) alle positiv (Zeitschritte) oder negativ (Zeiten) wählen.
- **Meldung:** `error OINITI: at least one value of UG !`  
Ursache: Es wurde kein Initialisierungsprofil für die geostrophische West-Ost Windkomponente vorgegeben.  
Fehlerbehebung: Mindestens einen Wert für die geostrophische West-Ost Windkomponente (`height_ug`, `lscale_ug`) am Boden in der Steuerdatei `metras_TAPE5` vorgeben.
- **Meldung:** `error OINITI: at least one value of VG !`  
Ursache: Es wurde kein Initialisierungsprofil für die geostrophische Süd-Nord Windkomponente vorgegeben.  
Fehlerbehebung: Mindestens einen Wert für die geostrophische Süd-Nord Windkomponente (`height_vg`, `lscale_vg`) am Boden in der Steuerdatei `metras_TAPE5` vorgeben.
- **Meldung:** `error OINITI: at least one value of T0 !`  
Ursache: Es wurde kein Initialisierungsprofil für die Temperatur vorgegeben.  
Fehlerbehebung: Mindestens einen Wert für die Temperatur (`height_t0`, `lscale_t0`) am Boden in der Steuerdatei `metras_TAPE5` vorgeben.
- **Meldung:** `error OINITI: wrong number of profile points`  
Ursache: Es wurden mehr als  $3 \cdot N_X \cdot 3 \cdot P_1$  Profilpunkte für mindestens eine Größe des Initialisierungsprofils vorgegeben.  
Fehlerbehebung: Anzahl der Profilpunkte (`height_..`, `lscale_..`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` reduzieren.

- **Meldung:** `error OINITI: at least one value of humidity !`  
Ursache: Es wurde kein Initialisierungsprofil für die relative Feuchte vorgegeben.  
Fehlerbehebung: Mindestens einen Wert für die relative Feuchte (`height_rh`, `lscale_rh`) am Boden in der Steuerdatei `metras_TAPE5` vorgeben.
- **Meldung:** `error OINITI: error while reading tape51`  
Ursache: Die Topographiedatei entspricht nicht dem vorgeschriebenen Format.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei auf Einhaltung des Datenformats überprüfen und korrigieren.
- **Meldung:** `error OINMET: wrong times (time-steps) for model output`  
Ursache: Zeitangaben zur Laufzeitsteuerung in der Steuerdatei `metras_TAPE5` sind nicht einheitlich positiv oder negativ.  
Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen und Zeitangaben zur Laufzeitsteuerung (`blow_up`, `run_time`, `first_output`, `delta_output`, `fix_output`) alle positiv (Zeitschritte) oder negativ (Zeiten) wählen.
- **Meldung:** `error OINMET: wrong value of MAF (see output)`  
Ursache: Als Ende der Diastrophiephase ist ein Zeitpunkt **vor** der Startzeit angegeben worden.  
Fehlerbehebung: Startzeit (`start_time`) oder Ende der Diastrophiephase (`blow_up`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` korrigieren.
- **Meldung:** `error OINMET: wrong input value (see output)`  
Ursache: Einem Schlüsselwort in der Steuerdatei `metras_TAPE5` wurde ein unzulässiger Wert zugewiesen.  
Fehlerbehebung: Steuerdatei überprüfen und Wertzuweisung korrigieren.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-negative coordinate origin YXMIN`  
Ursache: Der Koordinatenursprung des Modellgebiets hat einen positiven x-Wert.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Koordinatenursprung korrigieren.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-negative coordinate origin YYMIN`  
Ursache: Der Koordinatenursprung des Modellgebiets hat einen positiven y-Wert.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Koordinatenursprung korrigieren.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-equal grid width YDX at western boundary`  
Ursache: Die horizontale Gitterweite  $\Delta x$  ist am westlichen Rand des Modellgebiets nicht konstant.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta x$  am westlichen Rand des Modellgebiets über mindestens 3 Gitterpunkte konstant setzen.

- **Meldung:** `error OKOEFF: non-equal grid width YDX at eastern boundary`  
Ursache: Die horizontale Gitterweite  $\Delta x$  ist am östlichen Rand des Modellgebiets nicht konstant.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta x$  am östlichen Rand des Modellgebiets über mindestens 3 Gitterpunkte konstant setzen.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-equal grid width YDY at southern boundary`  
Ursache: Die horizontale Gitterweite  $\Delta y$  ist am südlichen Rand des Modellgebiets nicht konstant.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta y$  am südlichen Rand des Modellgebiets über mindestens 3 Gitterpunkte konstant setzen.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-equal grid width YDY at northern boundary`  
Ursache: Die horizontale Gitterweite  $\Delta y$  ist am nördlichen Rand des Modellgebiets nicht konstant.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta y$  am nördlichen Rand des Modellgebiets über mindestens 3 Gitterpunkte konstant setzen.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-equal grid width YDZ at surface`  
Ursache: Die vertikale Gitterweite  $\Delta z$  ist am Boden nicht konstant.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta z$  am Boden über mindestens 3 Gitterpunkte konstant setzen.
- **Meldung:** `error OKOEFF: non-equal grid width YDZ at upper boundary`  
Ursache: Die vertikale Gitterweite  $\Delta z$  ist am oberen Rand des Modellgebiets nicht konstant.  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta z$  am oberen Rand des Modellgebiets über mindestens 3 Gitterpunkte konstant setzen.
- **Meldung:** `error OKOEFF: Coarse vertical resolution will cause errors in OAUBER`  
Ursache: Der erste Gitterpunkt liegt mehr als 10 m über dem Boden (vertikale Gitterweite  $\Delta z$  am Boden ist größer als 20 m).  
Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Gitterweite  $\Delta z$  am Boden auf maximal 20 m setzen.

- **Meldung:** `error OKOEFF: no flat terrain at western or eastern boundary`

Ursache: Am westlichen oder östlichen Rand des Modellgebiets weist die Topographie eine Steigung in West-Ost-Richtung auf.

Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Topographiehöhen am westlichen und östlichen Rand über mindestens 3 Gitterpunkte in West-Ost-Richtung konstant setzen.
- **Meldung:** `error OKOEFF: no flat terrain at southern or northern boundary`

Ursache: Am südlichen oder nördlichen Rand des Modellgebiets weist die Topographie eine Steigung in Süd-Nord-Richtung auf.

Fehlerbehebung: Topographiedatei überprüfen und Topographiehöhen am südlichen und nördlichen Rand über mindestens 3 Gitterpunkte in Süd-Nord-Richtung konstant setzen.
- **Meldung:** `error OMESO: no convergence`

Ursache: Die iterative Berechnung mesoskaliger Druck- und Feuchteprofile konvergiert nicht.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile in der Steuerdatei `metras_TAPE5` modifizieren und Rechnung wiederholen. Falls die Fehlermeldung erneut auftritt, Autoren von METRAS-PCL benachrichtigen.
- **Meldung:** `error OPROFI: first profile value is not at z=0`

Ursache: Der erste Wert eines Initialisierungsprofiles liegt nicht am Boden.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile (`height_...`, `lscale_...`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` überprüfen und korrigieren.
- **Meldung:** `error OPROFI: wrong height in profile`

Ursache: Initialisierungsprofile sind nicht in aufsteigender Höhe vorgegeben.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile (`height_...`, `lscale_...`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` überprüfen und in aufsteigender Höhe (beginnend bei `z=0m`) vorgeben.
- **Meldung:** `error OSURC: error/EOF while reading ...`

Ursache: Die Topographiedatei entspricht nicht dem vorgeschriebenen Format.

Fehlerbehebung: Topographiedatei auf Einhaltung des Datenformats überprüfen und korrigieren. Häufiger Fehler: Die letzte Datenzeile ist mit einem CR abgeschlossen worden.

- **Meldung:** `error OUT62: wind component ujn too high / low`

Ursache: Die West-Ost Windkomponente wurde an einem oder mehreren Gitterpunkten betragsmäßig größer als 60 m/s.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile (`height_ug/vg`, `lscale_ug/vg`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` überprüfen und eventuell geringere geostrophische Windgeschwindigkeiten vorgeben.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.
- **Meldung:** `error OUT62: wind component vjn too high / low`

Ursache: Die Süd-Nord Windkomponente wurde an einem oder mehreren Gitterpunkten betragsmäßig größer als 60 m/s.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile (`height_ug/vg`, `lscale_ug/vg`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` überprüfen und eventuell geringere geostrophische Windgeschwindigkeiten vorgeben.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.
- **Meldung:** `error OUT62: wind component wjn too high / low`

Ursache: Die Vertikalwindkomponente wurde an einem oder mehreren Gitterpunkten betragsmäßig größer als 6 m/s.

Fehlerbehebung: Überprüfen, ob die Initialisierungsprofile (`height_...`, `lscale_...`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` meteorologisch sinnvoll vorgeben wurden und ggf. Korrigieren. Falls die hohen Vertikalwinde meteorologisch sinnvoll sind, bitte die Autoren von METRAS-PCL benachrichtigen.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.
- **Meldung:** `error OUT62: temperatures too high`

Ursache: Die potentielle Temperatur wurde an einem oder mehreren Gitterpunkten größer als 400 K.

Fehlerbehebung: Überprüfen, ob die Initialisierungsprofile (`height_...`, `lscale_...`) in der Steuerdatei `metras_TAPE5` meteorologisch sinnvoll vorgeben wurden und ggf. korrigieren.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.

- **Meldung:** `error OUT62: temperatures too low`

Ursache: Die potentielle Temperatur wurde an einem oder mehreren Gitterpunkten kleiner als 200 K.

Fehlerbehebung: Überprüfen, ob die Initialisierungsprofile meteorologisch sinnvoll vorgeben wurden und ggf. korrigieren.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.
- **Meldung:** `error OUT62: specific humidity too low`

Ursache: Die spezifische Feuchte nimmt an einem oder mehreren Gitterpunkten negative Werte an.

Fehlerbehebung: Initialisierungsprofile der relativen Feuchte überprüfen und auf Werte von mindestens einigen % korrigieren.

Gelegentlich deutet diese Fehlermeldung auch den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.
- **Meldung:** `error OUTAF60: A-Structure not defined (see output)`

Ursache: Eine oder mehrere der gewählten Recordnummern der A-Ausgabestruktur ist nicht zulässig.

Fehlerbehebung: Steuerdatei `metras_TAPE5` auf unzulässige Werte der Recordnummern (`outrecord_no`) für die A-Ausgabestruktur überprüfen und korrigieren.
- **Meldung:** `error OUTGF60: G-Structure not defined (see output)`

Ursache: Eine oder mehrere der gewählten Recordnummern der G-Ausgabestruktur ist nicht zulässig.

Fehlerbehebung: Steuerdatei `metras_TAPE5` auf unzulässige Werte der Recordnummern (`outrecord_no`) für die G-Ausgabestruktur überprüfen und korrigieren.
- **Meldung:** `error OUTM06: M-structure not defined`

Ursache: Eine oder mehrere der gewählten Recordnummern der M-Ausgabestruktur ist nicht zulässig.

Fehlerbehebung: Steuerdatei `metras_TAPE5` auf unzulässige Werte der Recordnummern (`outrecord_no`) für die M-Ausgabestruktur überprüfen und korrigieren.
- **Meldung:** `error OUTMF60: M-Structure not defined (see output)`

Ursache: Eine oder mehrere der gewählten Recordnummern der M-Ausgabestruktur ist nicht zulässig.

Fehlerbehebung: Steuerdatei `metras_TAPE5` auf unzulässige Werte der Recordnummern (`outrecord_no`) für die M-Ausgabestruktur überprüfen und korrigieren.

- **Meldung:** `error OZEIT: DT < 1 sec!!!`

Ursache: Während der Initialisierungsphase des Modells wird der (zur Wahrung numerischer Stabilität) automatisch berechnete Zeitschritt kleiner als 1 Sekunde. Ursache hierfür können die gewählten, sehr geringen Gitterweiten sein. Auslöser können auch stark anwachsende meteorologische Größen (Wind, Temperatur, Feuchte) bzw. deren Gradienten sein.

Fehlerbehebung: Überprüfung der gewählten Gitterweiten in der Topographiedatei.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren.
- **Meldung:** `error OZEIT: DT < DTMIN (see output)`

Ursache: Während der 3d-Simulation wird der (zur Wahrung numerischer Stabilität) automatisch berechnete Zeitschritt kleiner als der minimal zulässige Zeitschritt (in METRAS-PCL 1 Sekunde). Ursache hierfür können die gewählten, sehr geringen Gitterweiten sein. Auslöser können auch stark anwachsende meteorologische Größen (Wind, Temperatur, Feuchte) bzw. deren Gradienten sein.

Fehlerbehebung: Überprüfung der gewählten Gitterweiten in der Topographiedatei.

Häufig deutet diese Fehlermeldung den Beginn einer numerischen Instabilität an. Deshalb sind die bisherigen Modellergebnisse sorgfältig daraufhin zu analysieren. Die Modellrechnung sollte ggf. mit kleinerem Zeitschrittfaktor `timestp_ctrl` wiederholt werden.

## Anhang IV: METRAS-PCL Bodennutzungsklassen

In METRAS-PCL werden zehn Bodennutzungsklassen verwendet, die sich in Albedo  $A_0$ , thermischer Diffusivität  $k_s$ , thermischer Leitfähigkeit  $\nu_s$ , Eindringtiefe der Temperaturwelle  $h_\theta$ , Verfügbarkeit von Bodenwasser  $\alpha_q$ , Bodenwassersättigung  $W_k$  und Rauigkeitslänge  $z_0$  unterscheiden. Die oberflächennahen Eigenschaften werden aus den prozentualen Anteilen dieser zehn Bodennutzungsklassen in jeder Gitterzelle berechnet. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in METRAS-PCL berücksichtigten Bodennutzungsklassen und deren Eigenschaften:

Klasse	Typ	$A_0$	$k_s$ [m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]	$\nu_s$ [J(Ksm) <sup>-1</sup> ]	$h_\theta$ [m]	$\alpha_q$	$W_k$ [m]	$z_0$ [m]
0	Wasser	$f(Z(t))$	$0.15 \cdot 10^{-6}$	100.0	0.11	0.98	100.0	$f(u_*)$
1	Watt	0.10	$0.74 \cdot 10^{-6}$	2.20	0.25	0.98	0.322	0.0002
2	Sand	0.20	$0.57 \cdot 10^{-6}$	1.05	0.22	0.10	0.026	0.0003
3	Mischnutzung	0.20	$0.52 \cdot 10^{-6}$	1.33	0.21	0.20	0.138	0.01
4	Wiese	0.20	$0.52 \cdot 10^{-6}$	1.33	0.21	0.40	0.015	0.01
5	Heide	0.15	$0.24 \cdot 10^{-6}$	0.30	0.14	0.10	0.423	0.05
6	Busch	0.20	$0.52 \cdot 10^{-6}$	1.33	0.21	0.30	0.081	0.10
7	Mischwald	0.15	$0.80 \cdot 10^{-6}$	2.16	0.26	0.30	0.121	1.00
8	Nadelwald	0.10	$0.80 \cdot 10^{-6}$	2.16	0.26	0.30	0.161	1.20
9	Bebauung	0.15	$2.30 \cdot 10^{-6}$	4.60	0.45	0.05	0.968	0.70

## **Anhang V: Ergänzende Hinweise**

Informationen zu METRAS-PCL können Sie auch im Internet finden unter  
<http://www.mi.uni-hamburg.de/metraspcl>

Bitte teilen Sie den Entwicklern von METRAS-PCL mit, wie Ihnen das Modell gefällt, geben Sie Anregungen weiter und informieren Sie die Entwickler auch, wenn Sie auf Probleme stoßen.

## Anhang VI: Literatur

- Beddig S., Brockmann U., Dannecker W., Körner D., Pohlmann T., Puls W., Radach G., Rebers A., Rick H.-J., Schatzmann M., Schlünzen H. und Schulz M. (1997):** Nitrogen Fluxes in the German Bight., *Mar. Pollut. Bull.*, **34**, 382-394. **Bigalke K. (1991):** Interaktive Modellkopplung zur Berücksichtigung heißer Punktquellen in Gitterpunktsmodellen und Einfluß der Kopplungsstufe auf die Immision. *Berichte aus dem ZMK, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg*, **12**, pp 141. **Bigalke K. (1992):** A new method for incorporating point sources in Eulerian dispersion models. In: *van Dop, H. and Kallos, G. (ed): Air Pollution Modelling and its Application, Plenum Press Publishing Corporation, New York, Vol. IX*, 651 - 660. **Deardorff J.W. (1978):** Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with inclusion of a layer of vegetation. *J. Geophys. Res.*, **83**, 1889 - 1903. **Lüpkes C. und Schlünzen K.H. (1996):** Modelling the Arctic convective boundary-layer with different turbulence parameterizations. *Boundary-Layer Meteorol.*, **79**, 107 - 130. **Niemeier U. (1997):** Chemische Umsetzungen in einem hochauflösenden mesoskaligen Modell - Bestimmung geeigneter Randwerte und Modellanwendungen -. *Dissertation, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Hamburg*, **A28**, pp 161. **Niemeier U., Bigalke K., Schatzmann M., Schlünzen K.H., Knoth O. und Wolke R. (1997):** Influence of boundary conditions on calculated concentrations of chemical species. In: *Borell et al. (eds.): Proceedings of EUROTRAC Symposium '96. Garmisch-Partenkirchen, Germany, 25th - 29th March 1996. Transport and transformation of pollutants in the troposphere. Volume 1: Clouds, aerosols, modelling and photo-oxidants*, 727 - 731. **Niemeier U. und Schlünzen K.H. (1993):** Modelling steep terrain influences on flow pattern at the Isle of Helgoland. *Beitr. Phys. Atmosph.*, **66**, 45 - 62. **Pahl S. und Schlünzen K.H. (1990):** Parameterisierung der trockenen Deposition in einem mesoskaligen Transport- und Strömungsmodell. *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, Sonderheft 1*, **67**, 65 - 76. **Schlünzen K.H. (1988):** Das mesoskalige Transport- und Strömungsmodell 'METRAS' - Grundlagen, Validierung, Anwendung -. *Hamb. Geophys. Einzelschr.*, **A 88**, pp 139. **Schlünzen K.H. (1990):** Numerical studies on the inland penetration of sea breeze fronts at a coastline with tidally flooded mudflats. *Beitr. Phys. Atmosph.*, **63**, 243 - 256. **Schlünzen K.H. (1992):** Modellierung des Strömungsfeldes über Norddeutschland für den 23. Mai 1989. *Ann. Meteor.*, **NF 27**, 308 - 309.
- Schlünzen K.H. (1994):** Mesoscale modelling in complex terrain - an overview on the German nonhydrostatic models. *Beitr. Phys. Atmosph.*, **67**, 243 - 253. **Schlünzen K.H. (1994):** Atmosphärische Einträge von Nähr- und Schadstoffen. In: *Lozán, J.L.; Rachor, E.; Reise, K.; v. Westernhagen, H.; Lenz, W. (eds.): "Warnsignale aus dem Wattenmeer - Wissenschaftliche Fakten"*, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 45 - 48. **Schlünzen K.H. (1996):** Validierung hochauflösender Regionalmodelle. *Ber. aus dem Zentrum f. Meeres- und Klimaforschung, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg*, **A23**, pp 184. **Schlünzen K.H. (1997):** On the validation of high-resolution atmospheric mesoscale models. *J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **67 & 68**, 479-492. **Schlünzen K.H., Bigalke K., Lüpkes C. und Niemeier U. von Salzen K. (1996):** Hints for using the mesoscale model 'METRAS'. *Meteorologisches Institut, Universität Hamburg, METRAS Techn. Rep.*, **6**, pp 52.
- Schlünzen K.H., Bigalke K., Lüpkes C. und Niemeier U. von Salzen K. (1996):** Concept and realization of the mesoscale transport- and fluid-model 'METRAS'. *Meteorologisches Institut, Universität Hamburg, METRAS Techn. Rep.*, **5**, pp 156. **Schlünzen K.H., Bigalke K. und Niemeier U. (1994):** Mesoscale modelling of the atmospheric input into coastal waters. In: *Gryning S-V, Millán M.M. (eds.): Air Pollution Modeling and Its Application X, Plenum Press, New York*, 613 - 614. **Schlünzen K.H. und Krell U. (1994):** Mean and local transport in air. In: *Sündermann, J. (ed.): "Circulation and contaminant fluxes in the North Sea"*, Springer Verlag, Berlin, 317 - 344. **Schlünzen K.H., McGregor J.L. und Walsh K.J.E. (1995):** Regional climate model results for the Weddell Sea area. *Ann. Meteor.*, **NF 31**, 141 - 142. **Schlünzen K.H. und Niemeier U. (1995):** Changes in nitrogen deposition due to sea level rise in the coastal area of Germany - a numerical case study performed with a nonhydrostatic mesoscale model. *88th Annual Meeting and Exhibition A&WMA, San Antonio, Texas, June 18-23, 1995*, **95-WP74B.03**, pp 14. **Schlünzen K.H. und Pahl S. (1992):** Modification of dry deposition in a developing sea-breeze circulation - a numerical case study. *Atmos. Environ.*, **26 A**, 51 - 61.
- Schlünzen K.H., Stahlschmidt T., Rebers A., Niemeier U., Kriews M. und Dannecker W. (1997):** Atmospheric input of lead into the German Bight - A high resolution measurement and model

case study for April 23rd to 30th, 1991. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **156**, 299 - 309. **Stull R.B. (1988)**: An introduction to boundary layer meteorology. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, pp 666. **von Salzen K. (1997)**: Entwicklung und Anwendung eines Modells für die Dynamik und Zusammensetzung des sekundären und marinen Aerosols. *Ber. aus dem Zentrum f. Meeres- und Klimaforschung, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg*, **A 30**, pp 167. **von Salzen K., Claussen M. und Schlünzen K.H. (1996)**: Application of the concept of blending height to the calculation of surface fluxes in a mesoscale model. *Meteorol. Zeitschrift*, **N.F. 5**, 60 - 66. **von Salzen K., Schatzmann M. und Schlünzen K.H. (1997)**: Dynamics and chemical composition of aerosols in the continentally influenced marine boundary layer. *J. Aerosol. Sci.*, **28**, 7 - 8. **Wu Z. und Schlünzen K.H. (1992)**: Numerical study on the local wind structures forced by the complex terrain of Qingdao area. *Acta Meteorol. Sinica*, **6**, 355 - 366.

Hier werden nur die in der Dokumentation zu METRAS-PCL zitierten Veröffentlichungen aufgeführt. Eine aktuelle Listen aller Veröffentlichungen zum Modell METRAS ist unter <http://www.mi.uni-hamburg.de/memi> zu finden.