

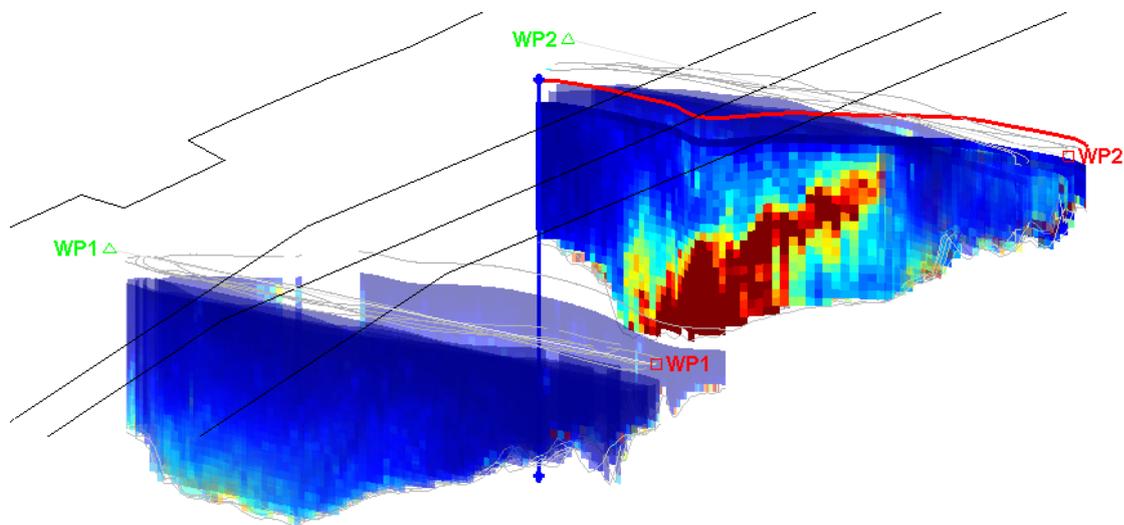
Ablage von schiffsgestützten ADCP-Querprofilfahrten in CF NetCDF

Steffen Grünler

unter Mitarbeit von:
Peter Schade und Günther Lang

Version 1.2

10. April 2017



Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
- Dienststelle Hamburg -
Abteilung Wasserbau im Küstenbereich
Wedeler Landstr. 157, 22559 Hamburg

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Veranlassung	2
1.2	Messverfahren	2
2	Datenschnittstelle	4
2.1	Zielsetzung	4
2.2	NetCDF „Feature Type“ Template	4
2.3	Terminologie TrajectoryProfile	5
2.3.1	FeatureType CF-Repräsentation	6
2.3.2	Zeitkoordinate	6
2.3.3	Vertikalkoordinate	8
2.3.4	Horizontales Koordinatensystem	9
2.3.5	Geophysikalische Variable	12
2.3.6	Globale Attribute	16
3	Workflow ADCP2NetCDF	18

Kapitel 1

Einführung

1.1 Veranlassung

Das Verständnis der räumlichen und zeitlichen Veränderung der Hydrodynamik, des Sedimenttransports und der Morphodynamik in den Ästuaren ist von zentraler Bedeutung für die Unterhaltung von Gewässern als auch für Prognosen der physikalischen Gewässereigenschaften. Um die in der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) eingesetzten numerischen Simulationsmodelle möglichst genau kalibrieren und validieren zu können, spielt die Erfassung von geophysikalischen Gewässerparametern eine gewichtige Rolle. Im Rahmen dieser Aktivitäten verfügt die BAW über eine ganze Reihe an Naturuntersuchungen. Diese Beobachtungsdaten besitzen jeweils unterschiedliche räumlich und zeitliche Auflösungen an den verschiedenen geographischen Lokationen. Ein Schwerpunkt der Beobachtungen in den deutschen Ästuaren bilden schiffsgestützte ADCP-Messungen (Acoustic Doppler Current Profiler) zur quantitativen Erfassung der Hydrodynamik (z.B. Strömungsgeschwindigkeit und -verteilung) und der Sedimentdynamik.

1.2 Messverfahren

ADCP werden seit mehr als drei Jahrzehnten zur Messung von Strömungsprofilen eingesetzt (Gordon, 1996). In jüngerer Zeit werden die Signale der ADCP-Rückstreuung auch zum Abschätzen der suspendierten Sedimentkonzentration in der Wassersäule benutzt (Reichel & Nachtnebel, 1994; Holdaway *et al.*, 1999; Gartner, 2004; Moore *et al.*, 2012; Thorne *et al.*, 2014), so auch in der BAW (Maushake, 2007). Aus den abgeschätzten suspendierten Sedimentkonzentrationen können in Kombination mit gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten Sedimenttransporte im Fluss ermittelt werden. Die schiffsgestützten ADCP-Messungen finden an ausgewählten Querprofilen entlang des Flusses statt. Profilierende Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit, der -richtung und der Wassertiefe werden über eine gesamte Tide (ca. 13h) an je einem Querschnitt mit einem am Schiff befestigten, abwärtsgerichteten, ADCP aufgezeichnet. In Abhängigkeit der ADCP-Konfiguration, der verwendeten Frequenz und der Eintauchtiefe des Gerätes liegt der erste Messwert zwischen 1-3 m unter der Wasseroberfläche. Die vertikale Auflösung (Zellgröße) liegt in der Regel zwischen 0,25-0,5 m. Neben den Geräten zur Georeferenzierung (i.d.R. ein hochgenaues Differential Global Positioning System, DGPS) werden zusätzlich Wasserproben entnommen und Trübungsmessungen durchgeführt, um das ADCP-Rückstreusignals zu kalibrieren. Die theoretischen Grundlagen zur Umrechnung des ADCP-Signals in Schwebstoffkonzentrationen Thorne *et al.* (2014), der durchlaufenen Pre- und Postprozessierung der ADCP-Messungen bei der BAW finden sich de-

tailliert in Becker & Winter (2015). Abbildung 1.1 zeigt schematisch den Messgeräteaufbau mit ADCP am Schiff und den Fierrahmen sowie beispielhaft die ermittelte Strömungsgeschwindigkeit im Flussquerschnitt.

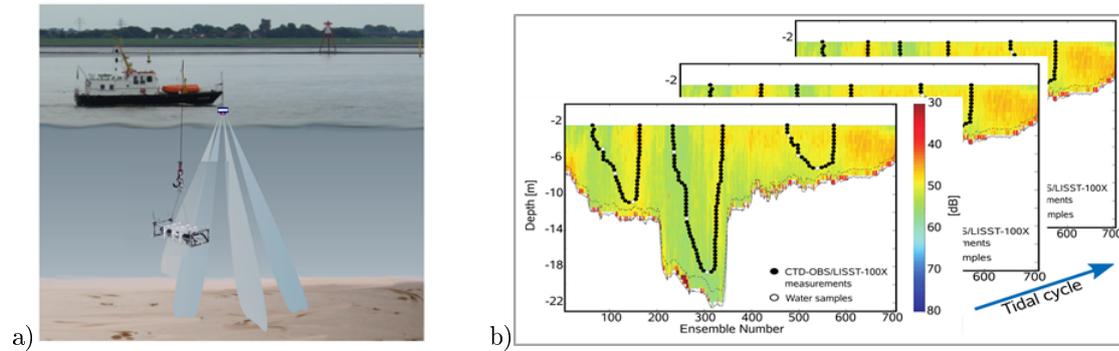


Abbildung 1.1: Schematische Darstellung der schiffsgestützten Erfassung der Schwebstoffkonzentration mittels ADCP; b) Profilierende Messquerschnitte der ADCP-Rückstreuung

Kapitel 2

Datenschnittstelle

2.1 Zielsetzung

Die prozessierten ADCP-Querprofilmessungen einschließlich der Metadaten sollen zum Zweck der Kalibrierung und Validierung der numerischen Modelle zur Verfügung gestellt werden. Unidatas Network Common Data Form (NetCDF) (http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/user_guide.html) stellt eine plattformunabhängige, selbstbeschreibende Datenschnittstelle samt Bibliotheken dar, um matrix-orientierte, wissenschaftliche Daten (Fokus atmosphärische, ozeanographische) in einer standardisierten Form abzulegen und zum Datenaustausch zur Verfügung zu stellen. Zudem besteht seitens der Unidata Program Centers eine aktive Unterstützung und Weiterentwicklung von Programmierschnittstellen und Bibliotheken für die in der BAW benutzten Programmiersprachen Fortran, MATLAB und Python (<http://www.unidata.ucar.edu>). NetCDF wird extensiv in den atmosphärischen und ozeanografischen Wissenschaftsgemeinden genutzt.

Dem Anspruch, die ADCP-Querprofilmessungen in einer standardisierten und strukturierten Form mit hinreichenden Metainformationen bereitzustellen, wird durch die Climate and Forecast (CF) Metadatenkonventionen ermöglicht (CF-Conventions, 2011). Durch die CF-Metadatenkonventionen sind die abgelegten Beobachtungsdatensätze selbstbeschreibend und enthalten genaue Metainformationen über die abgelegten geophysikalischen Variablen, deren physikalischen Einheiten, der Lage jeden Messwertes in Raum (in Beziehung zu Erdkoordinaten) und Zeit zueinander sowie über die Herkunft der Daten. Die Einhaltung der CF-Konventionen erlaubt im Prinzip geeigneter Software, die abgelegten Größen automatisch zu analysieren. Da innerhalb der BAW-DH die Ergebnisse der numerischen Modelle ebenfalls in CF-konformen NetCDF abgelegt werden, kann durch die Entwicklung einer gemeinsamen Visualisierungsschnittstelle in einem geeigneten Softwarepaket eine optimierte Validierung der numerischen Modellergebnisse durch ADCP-Messdaten erfolgen.

2.2 NetCDF „Feature Type“ Template

Der NetCDF-basierte CF-Standard ist ursprünglich für die Ablage von modellgestützten Klimadaten (ozeanographisch, atmosphärisch) entwickelt worden. Um möglichst in gleichem Maß Beobachtungsdaten ablegen zu können, sind basierend auf den NetCDF CF-Konventionen sogenannte „Feature Types“ Templates durch das National Oceanographic Data Center (NODC) entwickelt worden. Die Feature Types beruhen nicht auf der Art des Beobachtungssystems, des

Instrumententyps oder der erfassten Variable. Stattdessen basiert die Struktur auf dem fundamentalen Zusammenhang zwischen den im Raum und Zeit verteilten Koordinaten. Mit diesem Ansatz besteht in Verbindung mit den CF-Metadatenkonventionen eine exzellente Möglichkeit, um nahezu jede Art von Messung in der Natur standardisiert und strukturiert abzuliegen (<http://www.nodc.noaa.gov/data/formats/netcdf/v1.1/>). Derzeit existieren acht Feature Types: point, timeSeries, trajectory, profile, timeSeriesProfile, trajectoryProfile, swath und grid. Die exakten Beschreibungen sowie Beispiele zu den verschiedenen Templates finden sich auf <http://www.nodc.noaa.gov/data/formats/netcdf/v1.1/>.

Für die Ablage der schiffsgestützten, profilierenden ADCP-Querprofilfahrten eignet sich das Feature Type „TrajectoryProfile“. „Feature“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf eine einzelne Instanz der diskreten Abtastgeometrie. Die gefahrenen Querprofile stellen eine Reihe von Profilmessungen entlang eines Transektes (Trajektorie) dar. Diese Transekte besitzen Profilmessungen, die vertikal über die z-Achse und an jeder xy-Koordinate (geografische Höhe und Breite) variieren. Die Serie der Messungen (Datenpunkte) liegen hierbei entlang eines Pfades (Trajektorie) im Raum mit einer monoton ansteigenden Zeitachse. Aufgrund der unterschiedlich gefahrenen Länge der Schiffstransekte besitzt jede Trajektorie eine unterschiedliche Anzahl an Transekten und vertikalen Koordinaten. In Abhängigkeit der Lage im Raum lässt die CF-Konvention verschiedene Möglichkeiten der charakteristischen Repräsentation der Daten im Raum zu. Nähere Details finden sich in CF-Conventions (2011) Abschnitt 9.3.

Die Länge des jeweiligen Schiffstracks unterscheidet sich etwas bei jeder Querfahrt innerhalb der Messkampagne. Für den Fall der schiffsgestützten ADCP-Messungen entlang der Querprofile eignet sich im Prinzip eine unvollständige, multidimensionale, array-basierte Repräsentation (incomplete multidimensional array representation) der Daten, da die Merkmale innerhalb der Transekte nicht immer die gleiche Länge besitzen. Zur einfacheren Verarbeitung der NetCDF-Datei in möglichen Softwareprodukten wird bei der Definition der Array-Repräsentation trotzdem auf die vollständige, multidimensionale, array-basierte Repräsentation (complete multidimensional array representation) zurückgegriffen. Die terminologische Beschreibung der Repräsentation der CF-NetCDF-TrajectoryProfile Datei erfolgt in Abschnitt 2.3.

2.3 Terminologie TrajectoryProfile

Der Feature Type TrajectoryProfile besteht aus zwei Elementdimensionen. Jede Trajektorie (Transekt) besitzt eine Anzahl an Profilen mit der entsprechenden Anzahl an Elementen und jedes Profil besitzt eine Anzahl von Daten der verschiedenen Ebenen wie seine Elemente. Daher wird in der ADCP-NetCDF Datei (ADCP-CF-NetCDF.nc) die „echte“ Variable *trajectory* angegeben mit der Angabe der Profildimensionen (Gesamtanzahl der Trajektorien) und des *cf-role*-Attributes „*profile_id*“ angegeben. Die Werte identifizieren das jeweilige Profil (gefahrenes Transekt) eindeutig (Liste 2.1 Common Data Language (CDL) Notation).

Listing 2.1: Dimensionen der ADCP CF NetCDF Datei. Die 'echte' Variable *trajectory* zur eindeutigen Identifizierung des gefahrenen Transekts.

```
netcdf Weser_090622_Rechtenfleth_height2D {
dimensions :
    trajectory = 128 ;
    nMax_Ensemble = 122 ;
    nMax_Cell = 44 ;
    two = 2 ;
variables :
```

```

int trajectory(trajectory) ;
trajectory:long_name = "Transektnummer" ;
trajectory:cf_role = "trajectory_id" ;

```

2.3.1 FeatureType CF-Repräsentation

Unter der Maßgabe, dass alle Profile für alle Trajektorien (Transekte) die selbe Anzahl an Elementen und alle vertikalen Ebenen die selbe Anzahl an Elementen für alle Profile besitzen, dann kann wie in diesem Fall die vollständige, multidimensionale, array-basierte Repräsentation benutzt werden. Abbildung 2.1 verdeutlicht schematisch die Repräsentation der ADCP-Daten im Koordinatenraum sowie das zugrundeliegende Gitter mit den entsprechenden Variablennamen der ADCP-NetCDF-Datei.

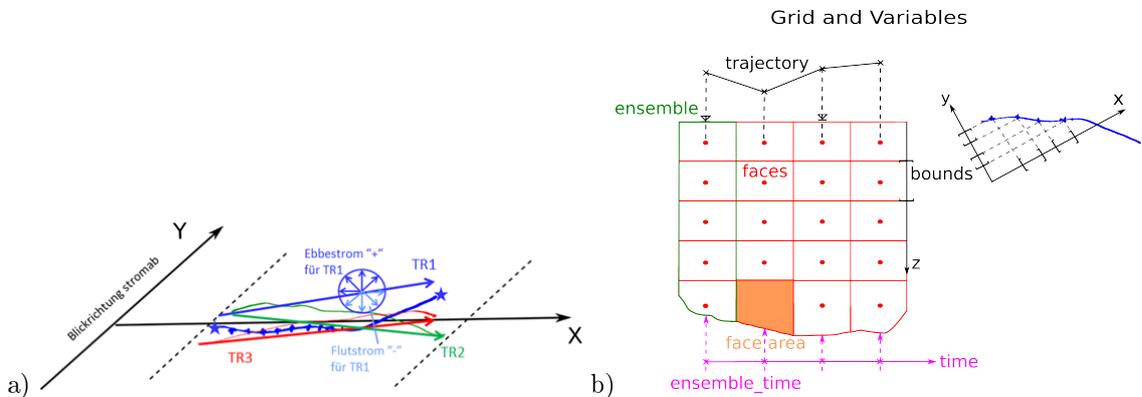


Abbildung 2.1: Repräsentation der Daten im Raum der ADCP-NetCDF-Datei; a) Lage der Trajektorien im Koordinatenraum; b) zugrundeliegendes Gitter und Variablennamen; TR = Trajektorienrichtung.

Anhang 1 zeigt ein vollständiges Beispiel der CF-konformen TrajectoryProfile NetCDF-Datei (CDL Notation) für ADCP-Querprofilmessungen, abgelegt in einer multidimensionalen, vollständigen Array-Repräsentation. Nähere Erläuterungen zu den Zeit- und Vertikalkoordinaten, dem zugrundeliegenden horizontalen Koordinatensystem und den Datenvariablen finden sich nachfolgend.

2.3.2 Zeitkoordinate

Die CF-NetCDF-TrajectoryProfile Datei für die ADCP-Querprofilfahrten besitzt zwei Zeitvariablen. Zum einen die Größe *traject_time* (mittlerer Zeitpunkt der Messung des gefahrenen Querprofils/ Trajektorie) und zum zweiten die Größe *ensemble_time* (ADCP-Ensemblezeit).

Dimensionen

```
dimensions:
  trajectory = "Anzahl der Querprofile (Transekte, Trajektorien)" ;
  nMax_Ensemble = "Maximale Anzahl der Vertikalprofile in xy-Ebene ...
  (ADCP-Ensembles) ueber alle gefahrenen Trajektorien" ;
  two = "Anzahl der Boundaries (bounds)" ;
```

Variablen

Hilfskoordinatenvariable *ensemble_time*

```
double ensemble_time(trajectory, nMax_Ensemble) ;
  ensemble_time:long_name = "Ensemblezeit, Zeit des ...
  ADCP-Ensembles (monoton ansteigend)" ;
  ensemble_time:standard_name = "time" ;
  ensemble_time:units = "seconds since 2009-06-22 ...
  00:00:00+02:00" ;
  ensemble_time:calendar = "gregorian" ;
  ensemble_time:axis = "T" ;
  ensemble_time:_FillValue = 1.00000e+031 ;
```

Hilfskoordinatenvariable *traject_time*

Für alle Messprofile entlang der Trajektorien wird jeweils eine mittlere Zeit angegeben, d.h. die Variable *traject_time* ist eindimensional und die Größe entspricht der Anzahl der gefahrenen Querprofile (Anzahl der Trajektorien).

```
double traject_time(trajectory) ;
  traject_time:long_name = "Trajektorienzeit, mittlerer ...
  Zeitpunkt der Messung der Trajektorie (Profilfahrt)" ;
  traject_time:standard_name = "time" ;
  traject_time:units = "seconds since 2009-06-22 00:00:00+02:00" ;
  traject_time:calendar = "gregorian" ;
  traject_time:axis = "T" ;
  traject_time:name_id = 1640. ;
  traject_time:bounds = "traject_time_bnd" ;
```

Anfangs- und Endzeitpunkt einer Trajektorie (Bounds)

```
double traject_time_bnd(trajectory, two) ;  
    traject_time_bnd:long_name = "Beginn und Ende der ...  
    Querprofilfahrt (time)" ;
```

Sonstiges/Anmerkungen

- Das Units-Attribut der Zeit ist ein String, die Formatierungsvorschrift findet sich in UDUNITS (2014).
- `_FillValue` 1.e+31d, muss angegeben werden.
- `name_id` = BAW-spezifische PHYDEF-Kennung
- Attribut `bounds` kennzeichnet, dass es sich bei den Zeitangaben der Koordinatenvariable `traject_time` um einen zeitlichen Mittelwert handelt (mittlerer Zeitpunkt der Messung der Trajektorie)

2.3.3 Vertikalkoordinate

Die dimensionsbehaftete Vertikalkoordinate gibt die Lage der Schichtgrenzen und Schichtmitten der z -Schichten (ADCP-Zellen) an. Je nach Ausführung der CF-NetCDF Datei repräsentiert z ein anderes Höhen- oder Tiefenkoordinatensystem (NHN oder ADCP-Tiefe/ Wassertiefe):

- „Depth3D“: z -Koordinate in Bezug zur Wassertiefe der ADCP-Zellen; z -Werte positiv absteigend; Änderung der z -Schichten von Transekt (trajectory) zu Transekt und von ADCP-Vertikalprofil (Ensemble) zu Vertikalprofil
- „Depth2D“: z -Koordinate in Bezug zur Wassertiefe der ADCP-Zellen; z -Werte positiv absteigend; Änderung der z -Schichten von Transekt (trajectory) zu Transekt, jedoch nicht von Ensemble zu Ensemble (ADCP-Vertikalprofil)
- „Depth1D“: z -Koordinate in Bezug zur Wassertiefe der ADCP-Zellen; z -Werte positiv absteigend; z konstant für alle Transekte
- „height2D“: z -Koordinate in Bezug zur Referenzhöhe (NHN); z -Werte positiv aufsteigend; Änderung der z -Schichten von Transekt (trajectory) zu Transekt; für jedes Transekt wird eine feste Wasserstandshöhe benutzt, normiert auf Bezugslinie (Normalnull)
- „height3D“: z -Koordinate in Bezug zur Referenzhöhe (NHN); z -Werte positiv aufsteigend; Änderung der z -Schichten von Transekt (trajectory) zu Transekt und von ADCP-Vertikalprofil (Ensemble) zu Vertikalprofil (entsprechende Bounds 4D); für jedes Transekt wird eine feste Wasserstandshöhe benutzt, normiert auf Bezugslinie (Normalnull); maximal mögliche geometrische Informationstiefe

Im Fall von „Depth1D“ besitzen alle Transekte die gleiche Anzahl an vertikalen Koordinaten, sodass z eine eindimensionale, „echte“ Koordinatenvariable darstellt $z(z)$.

Dimensionen

```
dimensions :
  trajectory = "Anzahl der Querprofile (Transekte, Trajektorien)"
  nMax_Cell = "Maximale Anzahl der Tiefenschichten (ADCP-Zellen) ...
              ueber alle gefahrenen Trajektorien"
  two = "Anzahl der Boundaries (bounds)"
```

Vertikalkoordinate z für den Fall „height2D“

```
double z(trajectory, nMax_Cell) ;
  z:long_name = "Hoehe (ADCP cell) der Faces (Polygone) eines ...
               3D-Grids, Messpunkt" ;
  z:units = "m" ;
  z:axis = "Z" ;
  z:name_id = 1702. ;
  z:_FillValue = 1.00000e+031 ;
  z:positive = "up" ;
  z:bounds = "z_bnd" ;
```

Schichtgrenzen (Bounds)

```
double z_bnd(trajectory, nMax_Cell, two) ;
  z_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;
```

2.3.4 Horizontales Koordinatensystem

Die Angabe der horizontalen Koordinatenvariablen einer Variable wird in Longitude (*lon*) und Latitude (*lat*) angegeben. Zusätzlich werden projizierte Koordinatenvariablen x und y (z.B. UTM, Gauß-Krüger) angegeben. Unter dem Attribut *coordinates* wird die Beziehung zur „wirklichen“ geografischen Länge gesetzt. Zusätzlich wird auf die jeweils benutzte Koordinatentransformation mit dem Attribut *grid_mapping* in den Datenvariablen (vgl. Abschnitt 2.3.5) verwiesen. Die Angabe der Grid Mapping Variable *crs_XY* wird untenstehend dargelegt.

Dimensionen

Die selben Dimensionen wie die Zeitkoordinaten.

```

dimensions:
  trajectory = "Anzahl der Querprofile (Transekte, Trajektorien)"
  nMax_Ensemble = "Maximale Anzahl der Vertikalprofile in xy-Ebene ...
    (ADCP-Ensembles) ueber alle Trajektorien"
  two = "Anzahl der Boundaries (bounds)"

```

Die Hilfskoordinatenvariable *lon*

```

double lon(trajectory, nMax_Ensemble) ;
  lon:long_name = "Geographische Laenge der Faces (Polygone) ...
    eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
  lon:standard_name = "longitude" ;
  lon:units = "degrees_east" ;
  lon:axis = "X" ;
  lon:name_id = 1653. ;
  lon:_FillValue = 1.00000e+031 ;
  lon:bounds = "lon_bnd" ;

```

Die Hilfskoordinatenvariable *x*

```

double x(trajectory, nMax_Ensemble) ;
  x:long_name = "x-Koordinate der Faces (Polygone) eines ...
    3D-Grids, Messpunkt" ;
  x:standard_name = "projection_x_coordinate" ;
  x:units = "m" ;
  x:axis = "X" ;
  x:name_id = 1650. ;
  x:_FillValue = 1.00000e+031 ;
  x:bounds = "x_bnd" ;

```

Schichtgrenzen (Bounds)

Beispiel für Hilfskoordinatenvariable *lon*, äquivalent für *lat*, *x* und *y*.

```

double lon_bnd(trajectory, nMax_Ensemble, two) ;
  lon_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;

```

Grid Mapping Variable *crs_XY*

```
int crs_XY(crs_XY) ;
  crs_XY:grid_mapping_name = "transverse_mercator" ;
  crs_XY:scale_factor_at_central_meridian = 0.9996 ;
  crs_XY:longitude_of_central_meridian = 9. ;
  crs_XY:latitude_of_projection_origin = 0. ;
  crs_XY:false_easting = 500000. ;
  crs_XY:false_northing = 0. ;
  crs_XY:longitude_of_prime_meridian = 0. ;
  crs_XY:semi_major_axis = 6.37814e+006 ;
  crs_XY:inverse_flattening = 298.257 ;
  crs_XY:comment = "Ellipsoid - European Terrestrial Reference ...
  System 1989" ;
  crs_XY:epsg_code = "25832" ;
```

Eine umfassende Beschreibung aller Möglichkeiten zur Definition der Transformationsgrößen findet sich in den CF-Conventions (2011).

Verweis auf Grid Mapping Variable

Am Beispiel von *velocity_magnitude*, (Abschnitt 2.3.5) wird mit dem Attribut *coordinates* auf die eigentlichen geografischen Koordinaten verwiesen und mit dem Attribut *grid_mapping* auf die benutzte Koordinatentransformation der skalaren Variable *crs_XY*.

```
float velocity_magnitude(trajjectory, nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
  velocity_magnitude:long_name = "Magnitude der ...
  Stroemungsgeschwindigkeit der Faces eines 3D-Grids, ...
  Messpunkt" ;
  velocity_magnitude:units = "m s-1" ;
  velocity_magnitude:standard_name = ...
  "magnitude_of_sea_water_velocity" ;
  velocity_magnitude:name_id = 836. ;
  velocity_magnitude:_FillValue = 1.00000e+031f ;
  velocity_magnitude:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;
  velocity_magnitude:cell_methods = "trajectory: point ...
  nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: mean" ;
  velocity_magnitude:cell_measures = "area: face_area" ;
  velocity_magnitude:grid_mapping = "crs_XY" ;
  velocity_magnitude:ancillary_variables = "water_depth" ;
  velocity_magnitude:platform = "platform_variable" ;
  velocity_magnitude:instrument = "instrument_variable" ;
  velocity_magnitude:davit_role = "visualization_variable" ;
```

Zusatzinformationen der Variable *path*

Die Variable *path* gibt die wirkliche Länge (Summe der Abstände zwischen den ADCP-Ensembles) der gefahrenen Trajektorie an. Diese Information kann insbesondere für Visualisierungszwecke hilfreich sein.

```
double path(trajjectory, nMax_Ensemble) ;
    path:long_name = "Laenge der Trajektorie, Summe des Abstands ...
        zwischen den Ensembles" ;
    path:units = "m" ;
    path:_FillValue = 1.00000e+031 ;
```

Zusatzinformation der Variable *orientation_flag*

Die Variable *orientation_flag* markiert mittels eines Flag die Richtung/ Orientierung der realen Messfahrten (von Ufer A nach B oder umgekehrt). Jede Trajektorie erhält dementsprechend einen Flag. Fahrten in entgegengesetzter Richtung erhalten ein anderes Vorzeichen (1, -1).

```
int orientation_flag(trajjectory) ;
    orientation_flag:long_name = "Flag für die Orientierung der ...
        Trajektorien" ;
    orientation_flag:comment = "Zum "Drehen" der Profile auf eine ...
        einheitliche Trajektorienrichtung (TR), 1. Trajektorie = ...
        Referenz" ;
```

2.3.5 Geophysikalische Variable

Derzeit werden folgende erfasste und abgeschätzte Größen aus den ADCP-Messungen in NetCDF abgelegt, die sich beispielsweise im Programmpaket Davit auswerten lassen:

Dimensionen

```
dimensions:
    trajectory = "Anzahl der Querprofile (Transekte, Trajektorien)"
    nMax_Ensemble = "Maximale Anzahl der Vertikalprofile in xy-Ebene ...
        (ADCP-Ensembles) ueber alle gefahrenen Trajektorien"
    nMax_Cell = "Maximale Anzahl der Tiefenschichten (ADCP-Zellen) ...
        ueber alle gefahrenen Trajektorien"
    two = "Anzahl der Boundaries (bounds)"
```

¹<http://cfconventions.org/standard-names.html>

Tabelle 2.1: In ADCP-NetCDF abgelegte Größen

Geophysikalische Größe	Variablenbezeichnung in abgelegter NetCDF-Datei	CF-Standardname ¹
Magnitudo der Strömungsgeschwindigkeit	<i>velocity_magnitude</i>	<i>magnitude_of_sea_water_velocity</i>
Strömungsgeschwindigkeit (x-Komponente)	<i>x_velocity</i>	<i>x_sea_water_velocity</i>
Strömungsgeschwindigkeit (y-Komponente)	<i>y_velocity</i>	<i>y_sea_water_velocity</i>
Strömungsgeschwindigkeit (z-Komponente, vertikal)	<i>z_velocity</i>	<i>upward_sea_water_velocity</i>
Instantaner Durchfluss	<i>discharge</i>	<i>water_flux_into_sea_water_from_rivers</i>
Suspendierte Schwebstoffkonzentration	<i>suspended_sediment_concentration</i>	<i>concentration_of_suspended_matter_in_sea_water</i>
Suspendierter Schwebstofftransport	<i>suspended_sediment_transport</i>	-
Suspendierter Schwebstofftransport (x-Komponente)	<i>x_suspended_sediment_transport</i>	-
Suspendierter Schwebstofftransport (y-Komponente)	<i>y_suspended_sediment_transport</i>	-
Suspendierter Schwebstofftransport (z-Komponente, vertikal)	<i>z_suspended_sediment_transport</i>	-
Wassertiefe aus ADCP Bottom-track	<i>water_depth</i>	<i>sea_floor_depth_below_sea_surface</i>
Wasserstand aus nächstgelegener Pegelstation	<i>water_level</i>	<i>sea_surface_height</i>
Messunschärfe Suspendierte Schwebstoffkonzentration	<i>suspended_sediment_concentration_error</i>	
Messunschärfe Suspendierter Schwebstofftransport	<i>suspended_sediment_transport_error</i>	

Die Geophysikalische Variable *suspended_sediment_concentration*

```
float suspended_sediment_concentration(trajjectory, nMax_Ensemble, ...
nMax_Cell) ;
suspended_sediment_concentration:long_name = ...
    "Schwebstoffgehalt der Faces eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
suspended_sediment_concentration:units = "kg m-3" ;
suspended_sediment_concentration:standard_name = ...
    "concentration_of_suspended_matter_in_sea_water" ;
suspended_sediment_concentration:name_id = 7. ;
suspended_sediment_concentration:_FillValue = 1.00000e+031f ;
suspended_sediment_concentration:coordinates = "lon lat x y z ...
    ensemble_time" ;
suspended_sediment_concentration:cell_methods = "trajectory: ...
    point nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: mean" ;
suspended_sediment_concentration:cell_measures = "area: ...
    face_area" ;
suspended_sediment_concentration:grid_mapping = "crs_XY" ;
suspended_sediment_concentration:ancillary_variables = ...
    "water_depth suspended_sediment_concentration_error" ;
suspended_sediment_concentration:platform = ...
    "platform_variable" ;
suspended_sediment_concentration:instrument = ...
    "instrument_variable" ;
suspended_sediment_concentration:davit_role = ...
    "visualization_variable" ;
```

Zusatzinformationen der Datenvariable *face_area*

Die Variable *face_area* gibt die Fläche der vertikal stehenden Ebene (ADCP-Zellen) an. Die Angabe bezieht sich speziell auf den Durchfluss (*discharge*). Zudem ist *face_area* für die räumliche Repräsentativität der Flächenwerte hilfreich, da die ADCP-gemessene Geschwindigkeit pro Tiefenzelle (ADCP-Zellen) einen mittenbetonten, gewichteten Mittelwert darstellt.

```
float face_area(trajjectory, nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
face_area:long_name = "Flaeche eines vertikalen Faces" ;
face_area:units = "m-2" ;
face_area:name_id = 1625. ;
face_area:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;
```

Zusatzinformation der Datenvariable *water_level*

Die Variable *water_level* gibt Informationen zum Wasserstand der nächstgelegenen Pegelmessstation. Der Wasserstand ist entlang einer Trajektorie konstant. Falls die vertikalen Koordinaten

der ADCP-NetCDF-Datei nicht die Option („height“ NHN Bezug, vgl. Abschnitt 2.3.3) aufweist, kann die Variable des Wasserstandes für Visualisierungszwecke hilfreich sein.

```
float water_level(trajjectory, nMax_Ensemble) ;
water_level:long_name = "Wasserstand" ;
water_level:standard_name = "sea_surface_height" ;
water_level:units = "m" ;
water_level:name_id = 3. ;
water_level:_FillValue = 1.00000e+031f ;
water_level:coordinates = "lon lat x y ensemble_time" ;
water_level:cell_methods = "trajectory: point nMax_Ensemble: ...
    mean" ;
water_level:platform = "platform_variable" ;
water_level:instrument = "instrument_variable" ;
water_level:comment = "Water level data are constant along ...
    trajectory; Data obtained from nearby gauge station" ;
water_level:davit_role = "visualization_variable" ;
```

Zusatzinformation der Datenvariable *water_depth_max*

Die Variable *water_depth_max* gibt Informationen zur maximalen Tiefe der Ensembles aller Trajektorien. Die Variable kann bei der späteren Visualisierung dazu dienen, das Bild nur auf die Tiefenschichten zu skalieren, die auch Werte enthalten. Tiefer liegende Schichten als *water_depth_max* brauchen nicht dargestellt zu werden.

```
float water_depth_max(water_depth_max) ;
water_depth_max:long_name = "Maximale Tiefe der Ensembles ...
    aller Trajektorien" ;
water_depth_max:comment = "Zur Visualisierung; Skalierung auf ...
    die maximal angegebene Tiefe" ;
```

Verweis auf und Plattform- und Instrumentenvariable

Zusätzlich zu den Informationen in den globalen Attributen (vgl. Abschnitt 2.3.6) werden weitere Informationen über die Messplattform *platform_variable* (Messschiff) und die benutzten Parameter in der Instrumentenvariable *instrument_variable* abgelegt.

```
int platform_variable(platform_variable) ;
platform_variable:long_name = "Coastal Digger" ;
platform_variable:comment = "Operated and processed by ...
    AquaVision BV and BAW" ;
int instrument_variable(instrument_variable) ;
instrument_variable:long_name = "ADCP RD Instruments, ...
    WorkHorse Monitor, down-looking 300/600kHz" ;
```

Verweis auf die Variable *suspended_sediment_concentration_error*

Die Variable *suspended_sediment_concentration_error* gibt den Standardfehler für die transekt-gemittelte Größe z.B. die suspendierte Schwebstoffkonzentration an. Damit wird die Variable erst bei der Mittlung einer Größe über die gefahrene Trajektorie zum Zeitpunkt der Variable *traject_time* relevant. Bezogen auf das Messkonzept kann aus methodischer Sicht kein systematischer Messfehler/ Standardfehler für jede ADCP-Messzelle der Dimensionen *trajectory*, *nMax_Ensemble*, *nMax_Cell* ermittelt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Berechnung des Standardfehlers für die transekt-gemittelte Größe findet sich unter BAWiki (<http://wiki.baw.de/de/index.php/ADCP-NetCDF>).

```
suspended_sediment_transport_error:long_name = "Standardfehler ...
    der tiefen- und transektgemittelten Rate des suspendierten ...
    Schwebstoffes" ;
suspended_sediment_transport_error:units = "kg s-1" ;
suspended_sediment_transport_error:_FillValue = 1.00000e+031f ;
suspended_sediment_transport_error:grid_mapping = "crs_XY" ;
suspended_sediment_transport_error:cell_methods = "trajectory: ...
    mean" ;
suspended_sediment_transport_error:platform = ...
    "platform_variable" ;
suspended_sediment_transport_error:instrument = ...
    "instrument_variable" ;
suspended_sediment_transport_error:comment = "Calculation ...
    method for error estimation of associated variable ...
    suspended_load_transport_rate for cross-sectional ...
    averages. Cross-sectional average of standard deviation of ...
    ADCP derived SSC (linear fit function) is used. Please see ...
    the detailed description for rules of error estimation ...
    under: ...
    http://wiki.baw.de/methoden/index.php5/Kuesste_und_Aestuarie/XXX" ...
    ;
float water_depth(trajectory, nMax_Ensemble) ;
```

2.3.6 Globale Attribute

Die generellen Eigenschaften und die Herkunft/ Quellen der abgelegten ADCP-Daten in NetCDF finden sich in der beispielhaften Liste der Metadaten.

Listing 2.2: Globale Attribute der ADCP CF-NetCDF Datei

```
// global attributes:
:featureType = "trajectoryProfile" ;
:title = "ADCP moving ship measurements in the river Weser ...
090622" ;
:summary = "ADCP moving-ship cross profile measurements in an ...
estuary, operating over one tidal cycle (about 13h), ...
starting from tidal low water; ADCP backscatter is used to ...
estimate suspended sediment concentration; Measured and ...
derived variables: velocity magnitude, velocity direction ...
(x,y), total discharge, suspended sediment concentration, ...
suspended sediment transport, water depth" ;
:keywords = "survey, North Sea, Germany, ADCP, profile, ...
undulating profile, derived products, current ...
measurements, discharge, suspended sediment concentration" ;
:keywords_vocabulary = "NODC Ocean Archive System" ;
:Conventions = "CF-1.6" ;
:standard_name_vocabulary = "CF-1.6" ;
:institution = "Bundesanstalt fuer Wasserbau (BAW) - Federal ...
Waterways Engineering and Research Institute" ;
:references = ...
"https://www.baw.de/DE/wasserbau/methoden/naturmessungen/naturmessungen.html" ...
;
:source = "Operated and processed by AquaVision BV (NL) and ...
BAW" ;
:geospatial_lat_min = 53.3877 ;
:geospatial_lat_max = 53.389 ;
:geospatial_lat_units = "degrees_north" ;
:geospatial_lat_resolution = "on average 7.12 m" ;
:geospatial_lon_min = 8.49227 ;
:geospatial_lon_max = 8.50321 ;
:geospatial_lon_units = "degrees_east" ;
:geospatial_lon_resolution = "on average 1.32 m" ;
:geospatial_vertical_units = "mNHN" ;
:geospatial_vertical_positive = "up" ;
:geospatial_vertical_resolution = "0.50 meters" ;
:naming_authority = "de.baw" ;
:publisher_name = "BAW - Abteilung Wasserbau - Hydraulic ...
Engineering - Hamburg" ;
:publisher_email = "info@baw.de" ;
:publisher_url = ...
"https://www.baw.de/DE/wasserbau/wasserbau.html" ;
:id = "ADCP_qp_Weser_090622" ;
:creator_name = "Steffen Gruenler" ;
:creator_email = "steffen.gruenler@baw.de" ;
:creator_url = ...
"https://www.baw.de/DE/wasserbau/themen/aestuar_kueste/aestuar_kueste.html" ...
;
:uuid = "16998aad-689a-482f-a545-366ddf3d3973" ;
:time_coverage_start = "2009-06-22 08:27:41+02:00" ;
:time_coverage_end = "2009-06-22 21:34:02+02:00" ;
:date_created = "2017-04-07 12:20:00+02:00" ;
:date_modified = "2017-04-07 12:20:00+02:00" ;
:history = "AquaVision BV (NL) measurement; Data reprocessed ...
by BAW" ;
:project = "ADCP moving ship measurements on cross profiles" ;
:contributor_name = "Christian Maushake (BAW), staff of ...
AquaVision BV (NL), Steffen Gruenler (BAW), Bernhard ...
Kondziella (BAW)" ;
:contributor_role = "measuring concept, measuring operation, ...
post-processing of ADCP, and water level data" ;
:acknowledgment = "Measuring Operation are mainly done by ...
AquaVision BV (NL), Christian Maushake (BAW)" ;
:sea_name = "North Sea" ;
:comment = "Data restrictions: for academic research use only" ;
```

Kapitel 3

Workflow ADCP2NetCDF

Die Steuerung des Messablaufes, die Messwernerfassung durch den ADCP, die Kommunikation mit externen Sensoren sowie die Postprozessierung der ADCP-Daten wird durch die speziell dafür entwickelte Software-Suite ViSea DAS (ViSea Data Acquisition Software) und dem Zusatzmodul ViSea PDT (ViSea Plume Detection Toolbox) realisiert. Die synchronisierte Erfassung aller relevanten Messgrößen erlaubt bei der Postprozessierung eine effizientere und genauere Berechnung erforderlicher Korrekturen und die Abschätzung der instantanen Schwebstoffkonzentrationen in der Wassersäule.

Die mittels ViSea erfassten und reprozesierten Daten werden anschließend mit Hilfe von MATLAB (<http://wiki.baw.de/methoden/index.php5/ADCP2NetCDF>), wie in Kapitel 2 detailliert beschrieben, in NetCDF abgelegt. Abbildung 3.1 zeigt schematisch und beispielhaft (für drei verschiedene vertikale Koordinatensysteme; vgl. Abschnitt 2.3.3) die Verarbeitung der ADCP-Daten und die Ablage in NetCDF. In grün dargestellt ist die Schnittstelle, d.h. die geplante gemeinsame Visualisierung der ADCP-NetCDF und der aus der numerischen Modellierung resultierenden Modell-NetCDF in dem Postprozessor Davit (<http://wiki.smileconsult.de/index.php?title=Davit>). Damit kann der Vergleich der Naturmessungen mit den Modellergebnissen zum Zweck der Kalibrierung und Validierung der numerischen Modelle realisiert werden, basierend auf CF-konformen ADCP-NetCDF-Dateien.

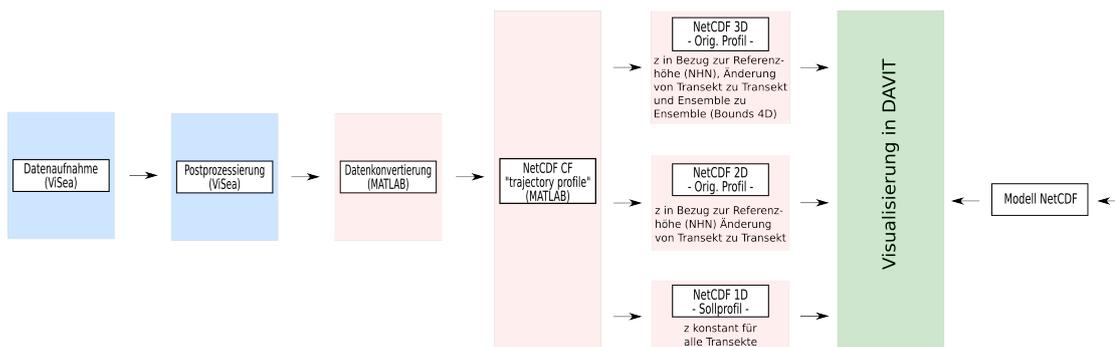


Abbildung 3.1: Workflow zur Erfassung und Ablage der ADCP-NetCDF-Dateien sowie die gemeinsame Visualisierung der Modell-NetCDF Post-Prozessor Davit.

Literaturverzeichnis

- Becker, Marius, & Winter, Christian. 2015. *Suspended Matter Dynamics in German Estuaries: Research report on the MARUM – BAW project*. unpublished.
- CF-Conventions. 2011. *NetCDF Climate and Forecast (CF) Metadata Conventions 1.6*.
- Gartner, Jeffrey W. 2004. Estimating suspended solids concentrations from backscatter intensity measured by acoustic Doppler current profiler in San Francisco Bay, California. *Marine Geology*, **211**(3-4), 169–187.
- Gordon, R. Lee. 1996. *Acoustic Doppler Current Profiler Acoustic Doppler Current Profiler - Principles of Operation A Practical Primer: A Practical Primer*. San Diego, USA: RD Instruments.
- Holdaway, Glenn P., Thorne, Peter D., Flatt, David, Jones, Sarah E., & Prandle, David. 1999. Comparison between ADCP and transmissometer measurements of suspended sediment concentration. *Continental Shelf Research*, **19**(3), 421–441.
- Maushake, Christian. 2007. Untersuchungen zur Schwebstoffdynamik im Elbeästuar auf Basis von ADCP-Messungen. *Die Küste*, **72**, 125–143.
- Moore, S. A., Le Coz, J., Hurther, D., & Paquier, A. 2012. On the application of horizontal ADCPs to suspended sediment transport surveys in rivers. *Continental Shelf Research*, **46**, 50–63.
- Reichel, G., & Nachtnebel, H. P. 1994. Suspended sediment monitoring in a fluvial environment: Advantages and limitations applying an Acoustic Doppler Current Profiler. *Water Research*, **28**(4), 751–761.
- Thorne, Peter D., MacDonald, Iain T., & Vincent, Christopher E. 2014. Modelling acoustic scattering by suspended flocculating sediments. *Continental Shelf Research*, **88**, 81–91.
- UDUNITS. 2014. *Software Package*.

Anhang

Listing 1: Vollständiges Beispiel der CF-konformen NetCDF-Datei (Typ "Depth2D") einer ADCP-Querprofilmessung (CDL Notation)

```
1 netcdf Weser_090622_Rechtenfleth_height2D {
2 dimensions :
3     trajectory = 128 ;
4     nMax_Ensemble = 122 ;
5     nMax_Cell = 44 ;
6     two = 2 ;
7 variables :
8     int trajectory(trajectory) ;
9         trajectory:long_name = "Transektnummer" ;
10        trajectory:cf_role = "trajectory_id" ;
11    double ensemble_time(trajectory, nMax_Ensemble) ;
12        ensemble_time:long_name = "Ensemblezeit, Zeit des ...
13        ADCP-Ensembles (monoton ansteigend)" ;
14        ensemble_time:standard_name = "time" ;
15        ensemble_time:units = "seconds since 2009-06-22 ...
16        00:00:00+02:00" ;
17        ensemble_time:calendar = "gregorian" ;
18        ensemble_time:axis = "T" ;
19        ensemble_time:_FillValue = 1.00000e+031 ;
20    double traject_time(trajectory) ;
21        traject_time:long_name = "Trajektorienzeit, mittlerer ...
22        Zeitpunkt der Messung der Trajektorie ...
23        (Profilfahrt)" ;
24        traject_time:standard_name = "time" ;
25        traject_time:units = "seconds since 2009-06-22 ...
26        00:00:00+02:00" ;
27        traject_time:calendar = "gregorian" ;
28        traject_time:axis = "T" ;
29        traject_time:name_id = 1640. ;
30        traject_time:bounds = "traject_time_bnd" ;
31    double lon(trajectory, nMax_Ensemble) ;
32        lon:long_name = "Geographische Laenge der Faces ...
33        (Polygone) eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
34        lon:standard_name = "longitude" ;
35        lon:units = "degrees_east" ;
36        lon:axis = "X" ;
37        lon:name_id = 1653. ;
38        lon:_FillValue = 1.00000e+031 ;
```

```

33     lon:bounds = "lon_bnd" ;
34 double lat(trajectory , nMax_Ensemble) ;
35     lat:long_name = "Geographische Breite der Faces ...
36     (Polygone) eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
37     lat:standard_name = "latitude" ;
38     lat:units = "degrees_north" ;
39     lat:axis = "Y" ;
40     lat:name_id = 1652. ;
41     lat:_FillValue = 1.00000e+031 ;
42     lat:bounds = "lat_bnd" ;
43 double x(trajectory , nMax_Ensemble) ;
44     x:long_name = "x-Koordinate der Faces (Polygone) eines ...
45     3D-Grids, Messpunkt" ;
46     x:standard_name = "projection_x_coordinate" ;
47     x:units = "m" ;
48     x:axis = "X" ;
49     x:name_id = 1650. ;
50     x:_FillValue = 1.00000e+031 ;
51     x:bounds = "x_bnd" ;
52 double y(trajectory , nMax_Ensemble) ;
53     y:long_name = "y-Koordinate der Faces (Polygone) eines ...
54     3D-Grids, Messpunkt" ;
55     y:standard_name = "projection_y_coordinate" ;
56     y:units = "m" ;
57     y:axis = "Y" ;
58     y:name_id = 1651. ;
59     y:_FillValue = 1.00000e+031 ;
60     y:bounds = "y_bnd" ;
61 double z(trajectory , nMax_Cell) ;
62     z:long_name = "Hoehe (ADCP cell) der Faces (Polygone) ...
63     eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
64     z:units = "m" ;
65     z:axis = "Z" ;
66     z:name_id = 1702. ;
67     z:_FillValue = 1.00000e+031 ;
68     z:positive = "up" ;
69     z:bounds = "z_bnd" ;
70 double path(trajectory , nMax_Ensemble) ;
71     path:long_name = "Laenge der Trajektorie, Summe des ...
72     Abstands zwischen den Ensembles" ;
73     path:units = "m" ;
74     path:_FillValue = 1.00000e+031 ;
75 int orientation_flag(trajectory) ;
76     orientation_flag:long_name = "Flag für die ...
77     Orientierung der Trajektorien" ;
78     orientation_flag:comment = "Zum "Drehen" der Profile ...
79     auf eine einheitliche Trajektorienrichtung (TR), 1. ...
80     Trajektorie = Referenz" ;
81 double traject_time_bnd(trajectory , two) ;
82     traject_time_bnd:long_name = "Beginn und Ende der ...
83     Querprofilfahrt (time)" ;
84 double lon_bnd(trajectory , nMax_Ensemble, two) ;
85     lon_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;

```

```

77 double lat_bnd(trajectory , nMax_Ensemble, two) ;
78     lat_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;
79 double x_bnd(trajectory , nMax_Ensemble, two) ;
80     x_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;
81 double y_bnd(trajectory , nMax_Ensemble, two) ;
82     y_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;
83 double z_bnd(trajectory , nMax_Cell, two) ;
84     z_bnd:_FillValue = 1.00000e+031 ;
85 float face_area(trajectory , nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
86     face_area:long_name = "Flaeche eines vertikalen Faces" ;
87     face_area:units = "m-2" ;
88     face_area:name_id = 1625. ;
89     face_area:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;
90 int crs_XY(crs_XY) ;
91     crs_XY:grid_mapping_name = "transverse_mercator" ;
92     crs_XY:scale_factor_at_central_meridian = 0.9996 ;
93     crs_XY:longitude_of_central_meridian = 9. ;
94     crs_XY:latitude_of_projection_origin = 0. ;
95     crs_XY:false_easting = 500000. ;
96     crs_XY:false_northing = 0. ;
97     crs_XY:longitude_of_prime_meridian = 0. ;
98     crs_XY:semi_major_axis = 6.37814e+006 ;
99     crs_XY:inverse_flattening = 298.257 ;
100    crs_XY:comment = "Ellipsoid - European Terrestrial ...
        Reference System 1989" ;
101    crs_XY:epsg_code = "25832" ;
102 float velocity_magnitude(trajectory , nMax_Ensemble, ...
nMax_Cell) ;
103     velocity_magnitude:long_name = "Magnitude der ...
        Stroemungsgeschwindigkeit der Faces eines 3D-Grids, ...
        Messpunkt" ;
104     velocity_magnitude:units = "m s-1" ;
105     velocity_magnitude:standard_name = ...
        "magnitude_of_sea_water_velocity" ;
106     velocity_magnitude:name_id = 836. ;
107     velocity_magnitude:_FillValue = 1.00000e+031f ;
108     velocity_magnitude:coordinates = "lon lat x y z ...
        ensemble_time" ;
109     velocity_magnitude:cell_methods = "trajectory: point ...
        nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: mean" ;
110     velocity_magnitude:cell_measures = "area: face_area" ;
111     velocity_magnitude:grid_mapping = "crs_XY" ;
112     velocity_magnitude:ancillary_variables = "water_depth" ;
113     velocity_magnitude:platform = "platform_variable" ;
114     velocity_magnitude:instrument = "instrument_variable" ;
115     velocity_magnitude:davit_role = ...
        "visualization_variable" ;
116 float x_velocity(trajectory , nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
117     x_velocity:long_name = "Stroemungsgeschwindigkeit in ...
        (X-Komponente) der Faces eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
118     x_velocity:units = "m s-1" ;
119     x_velocity:standard_name = "sea_water_x_velocity" ;
120     x_velocity:name_id = 14. ;

```

```

121     x_velocity:_FillValue = 1.00000 e+031 f ;
122     x_velocity:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;
123     x_velocity:cell_methods = "trajectory: point ...
      nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: mean" ;
124     x_velocity:cell_measures = "area: face_area" ;
125     x_velocity:grid_mapping = "crs_XY" ;
126     x_velocity:ancillary_variables = "water_depth" ;
127     x_velocity:platform = "platform_variable" ;
128     x_velocity:instrument = "instrument_variable" ;
129     x_velocity:davit_role = "visualization_variable" ;
130 float y_velocity(trajectory, nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
131     y_velocity:long_name = "Stroemungsgeschwindigkeit in ...
      Y-Komponente) der Faces eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
132     y_velocity:units = "m s-1" ;
133     y_velocity:standard_name = "sea_water_y_velocity" ;
134     y_velocity:name_id = 15. ;
135     y_velocity:_FillValue = 1.00000 e+031 f ;
136     y_velocity:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;
137     y_velocity:cell_methods = "trajectory: point ...
      nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: mean" ;
138     y_velocity:cell_measures = "area: face_area" ;
139     y_velocity:grid_mapping = "crs_XY" ;
140     y_velocity:ancillary_variables = "water_depth" ;
141     y_velocity:platform = "platform_variable" ;
142     y_velocity:instrument = "instrument_variable" ;
143     y_velocity:davit_role = "visualization_variable" ;
144 float z_velocity(trajectory, nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
145     z_velocity:long_name = "Stroemungsgeschwindigkeit ...
      (Z-Komponente) der Faces eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
146     z_velocity:units = "m s-1" ;
147     z_velocity:standard_name = "upward_sea_water_velocity" ;
148     z_velocity:name_id = 1029. ;
149     z_velocity:_FillValue = 1.00000 e+031 f ;
150     z_velocity:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;
151     z_velocity:cell_methods = "trajectory: point ...
      nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: mean" ;
152     z_velocity:cell_measures = "area: face_area" ;
153     z_velocity:grid_mapping = "crs_XY" ;
154     z_velocity:ancillary_variables = "water_depth" ;
155     z_velocity:platform = "platform_variable" ;
156     z_velocity:instrument = "instrument_variable" ;
157     z_velocity:davit_role = "visualization_variable" ;
158 float discharge(trajectory, nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
159     discharge:long_name = "Instantaner Durchfluss der ...
      Faces (ADCP-Zelle) eines 3D-Grids, Messpunkt, ...
      Referenz Bottom Track" ;
160     discharge:units = "m-3 s-1" ;
161     discharge:standard_name = ...
      "water_flux_into_sea_water_from_rivers" ;
162     discharge:name_id = 1060. ;
163     discharge:_FillValue = 1.00000 e+031 f ;
164     discharge:coordinates = "lon lat x y z ensemble_time" ;

```

```

165     discharge:cell_methods = "trajectory: point nMax_Cell: ...
        mean nMax_Ensemble: mean" ;
166     discharge:cell_measures = "area: face_area" ;
167     discharge:grid_mapping = "crs_XY" ;
168     discharge:ancillary_variables = "water_depth" ;
169     discharge:platform = "platform_variable" ;
170     discharge:instrument = "instrument_variable" ;
171     discharge:davit_role = "visualization_variable" ;
172 float suspended_sediment_concentration(trajectory, ...
nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
173     suspended_sediment_concentration:long_name = ...
        "Schwebstoffgehalt der Faces eines 3D-Grids, ...
        Messpunkt" ;
174     suspended_sediment_concentration:units = "kg m-3" ;
175     suspended_sediment_concentration:standard_name = ...
        "concentration_of_suspended_matter_in_sea_water" ;
176     suspended_sediment_concentration:name_id = 7. ;
177     suspended_sediment_concentration:_FillValue = ...
        1.00000e+031f ;
178     suspended_sediment_concentration:coordinates = "lon ...
        lat x y z ensemble_time" ;
179     suspended_sediment_concentration:cell_methods = ...
        "trajectory: point nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: ...
        mean" ;
180     suspended_sediment_concentration:cell_measures = ...
        "area: face_area" ;
181     suspended_sediment_concentration:grid_mapping = ...
        "crs_XY" ;
182     suspended_sediment_concentration:ancillary_variables = ...
        "water_depth ...
        suspended_sediment_concentration_error" ;
183     suspended_sediment_concentration:platform = ...
        "platform_variable" ;
184     suspended_sediment_concentration:instrument = ...
        "instrument_variable" ;
185     suspended_sediment_concentration:davit_role = ...
        "visualization_variable" ;
186 float suspended_sediment_concentration_error(trajectory) ;
187     suspended_sediment_concentration_error:long_name = ...
        "Standardfehler der Tiefen- und ...
        transektgemittelten Schwebstoffkonzentration" ;
188     suspended_sediment_concentration_error:units = "kg ...
        m-3" ;
189     suspended_sediment_concentration_error:_FillValue = ...
        1.00000e+031f ;
190     suspended_sediment_concentration_error:grid_mapping = ...
        "crs_XY" ;
191     suspended_sediment_concentration_error:cell_methods = ...
        "trajectory: mean" ;
192     suspended_sediment_concentration_error:platform = ...
        "platform_variable" ;
193     suspended_sediment_concentration_error:instrument = ...
        "instrument_variable" ;

```

```

194     suspended_sediment_concentration_error:comment = ...
        "Calculation method for error estimation of ...
        associated variable ...
        suspended_sediment_concentration for ...
        cross-sectional averages. Cross-sectional average ...
        of standard deviation of ADCP derived SSC (linear ...
        fit function) is used. Please see the detailed ...
        description for rules of error estimation under: ...
        http://wiki.baw.de/methoden/index.php5/Kuesste_und_Aestuar/XXX" ...
        ;
195 float suspended_sediment_transport(trajectory, ...
        nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
196     suspended_sediment_transport:long_name = ...
        "Suspendierter Schwebstofftransport der Faces eines ...
        3D- Grids, Messpunkt" ;
197     suspended_sediment_transport:units = "kg s-1" ;
198     suspended_sediment_transport:name_id = 622. ;
199     suspended_sediment_transport:_FillValue = ...
        1.00000e+031f ;
200     suspended_sediment_transport:coordinates = "lon lat x ...
        y z ensemble_time" ;
201     suspended_sediment_transport:cell_methods = ...
        "trajectory: point nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: ...
        mean" ;
202     suspended_sediment_transport:cell_measures = "area: ...
        face_area" ;
203     suspended_sediment_transport:grid_mapping = "crs_XY" ;
204     suspended_sediment_transport:ancillary_variables = ...
        "water_depth suspended_sediment_transport_error" ;
205     suspended_sediment_transport:platform = ...
        "platform_variable" ;
206     suspended_sediment_transport:instrument = ...
        "instrument_variable" ;
207     suspended_sediment_transport:davit_role = ...
        "visualization_variable" ;
208 float x_suspended_sediment_transport(trajectory, ...
        nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
209     x_suspended_sediment_transport:long_name = ...
        "Suspendierter Schwebstofftransport (X-Komponente) ...
        der Faces eines 3D- Grids, Messpunkt" ;
210     x_suspended_sediment_transport:units = "kg s-1" ;
211     x_suspended_sediment_transport:name_id = 622. ;
212     x_suspended_sediment_transport:_FillValue = ...
        1.00000e+031f ;
213     x_suspended_sediment_transport:coordinates = "lon lat ...
        x y z ensemble_time" ;
214     x_suspended_sediment_transport:cell_methods = ...
        "trajectory: point nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: ...
        mean" ;
215     x_suspended_sediment_transport:cell_measures = "area: ...
        face_area" ;
216     x_suspended_sediment_transport:grid_mapping = "crs_XY" ;

```

```

217     x_suspended_sediment_transport: ancillary_variables = ...
218         "water_depth" ;
219     x_suspended_sediment_transport: platform = ...
220         "platform_variable" ;
221     x_suspended_sediment_transport: instrument = ...
222         "instrument_variable" ;
223     x_suspended_sediment_transport: davit_role = ...
224         "visualization_variable" ;
225 float y_suspended_sediment_transport(trajectory, ...
226     nMax_Ensemble, nMax_Cell) ;
227     y_suspended_sediment_transport: long_name = ...
228         "Suspendierter Schwebstofftransport (Y-Komponente) ...
229         der Faces eines 3D-Grids, Messpunkt" ;
230     y_suspended_sediment_transport: units = "kg s-1" ;
231     y_suspended_sediment_transport: name_id = 622. ;
232     y_suspended_sediment_transport: _FillValue = ...
233         1.00000 e+031 f ;
234     y_suspended_sediment_transport: coordinates = "lon lat ...
235         x y z ensemble_time" ;
236     y_suspended_sediment_transport: cell_methods = ...
237         "trajectory: point nMax_Cell: mean nMax_Ensemble: ...
238         mean" ;
239     y_suspended_sediment_transport: cell_measures = "area: ...
240         face_area" ;
241     y_suspended_sediment_transport: grid_mapping = "crs_XY" ;
242     y_suspended_sediment_transport: ancillary_variables = ...
243         "water_depth" ;

```

```

244     z_suspended_sediment_transport:platform = ...
245         "platform_variable" ;
246     z_suspended_sediment_transport:instrument = ...
247         "instrument_variable" ;
248     z_suspended_sediment_transport:davit_role = ...
249         "visualization_variable" ;
250     float suspended_sediment_transport_error(trajectory) ;
251     suspended_sediment_transport_error:long_name = ...
252         "Standardfehler der tiefen- und transektgemittelten ...
253         Rate des suspendierten Schwebstoffes" ;
254     suspended_sediment_transport_error:units = "kg s-1" ;
255     suspended_sediment_transport_error:_FillValue = ...
256         1.00000e+031f ;
257     suspended_sediment_transport_error:grid_mapping = ...
258         "crs_XY" ;
259     suspended_sediment_transport_error:cell_methods = ...
260         "trajectory: mean" ;
261     suspended_sediment_transport_error:platform = ...
262         "platform_variable" ;
263     suspended_sediment_transport_error:instrument = ...
264         "instrument_variable" ;
265     suspended_sediment_transport_error:comment = ...
266         "Calculation method for error estimation of ...
267         associated variable suspended_load_transport_rate ...
268         for cross-sectional averages. Cross-sectional ...
269         average of standard deviation of ADCP derived SSC ...
270         (linear fit function) is used. Please see the ...
271         detailed description for rules of error estimation ...
272         under: ...
273         http://wiki.baw.de/methoden/index.php5/Kuesste\_und\_Aestuarie/XXX ...
274     ;
275     float water_depth(trajectory, nMax_Ensemble) ;
276     water_depth:long_name = "Wassertiefe, basierend auf ...
277         ADCP bottom track range" ;
278     water_depth:standard_name = ...
279         "sea_floor_depth_below_sea_surface" ;
280     water_depth:units = "m" ;
281     water_depth:name_id = 16. ;
282     water_depth:_FillValue = 1.00000e+031f ;
283     water_depth:coordinates = "lon lat x y ensemble_time" ;
284     water_depth:cell_methods = "trajectory: point ...
285         nMax_Ensemble: mean" ;
286     water_depth:platform = "platform_variable" ;
287     water_depth:instrument = "instrument_variable" ;
288     water_depth:davit_role = "visualization_variable" ;
289     float water_depth_max(water_depth_max) ;
290     water_depth_max:long_name = "Maximale Tiefe der ...
291         Ensembles aller Trajektorien" ;
292     water_depth_max:comment = "Zur Visualisierung; ...
293         Skalierung auf die maximal angegebene Tiefe" ;
294     float water_level(trajectory, nMax_Ensemble) ;
295     water_level:long_name = "Wasserstand" ;
296     water_level:standard_name = "sea_surface_height" ;

```

```

273     water_level:units = "m" ;
274     water_level:name_id = 3. ;
275     water_level:_FillValue = 1.00000e+031f ;
276     water_level:coordinates = "lon lat x y ensemble_time" ;
277     water_level:cell_methods = "trajectory: point ...
        nMax_Ensemble: mean" ;
278     water_level:platform = "platform_variable" ;
279     water_level:instrument = "instrument_variable" ;
280     water_level:comment = "Water level data are constant ...
        along trajectory; Data obtained from nearby gauge ...
        station" ;
281     water_level:davit_role = "visualization_variable" ;
282     int platform_variable(platform_variable) ;
283     platform_variable:long_name = "Coastal Digger" ;
284     platform_variable:comment = "Operated and processed by ...
        AquaVision BV and BAW" ;
285     int instrument_variable(instrument_variable) ;
286     instrument_variable:long_name = "ADCP RD Instruments, ...
        WorkHorse Monitor, down-looking 300/600kHz" ;
287
288 // global attributes:
289     :featureType = "trajectoryProfile" ;
290     :title = "ADCP moving ship measurements in the river ...
        Weser 090622" ;
291     :summary = "ADCP moving-ship cross profile ...
        measurements in an estuary, operating over one ...
        tidal cycle (about 13h), starting from tidal low ...
        water; ADCP backscatter is used to estimate ...
        suspended sediment concentration; Measured and ...
        derived variables: velocity magnitude, velocity ...
        direction (x,y), total discharge, suspended ...
        sediment concentration, suspended sediment ...
        transport, water depth" ;
292     :keywords = "survey, North Sea, Germany, ADCP, ...
        profile, undulating profile, derived products, ...
        current measurements, discharge, suspended sediment ...
        concentration" ;
293     :keywords_vocabulary = "NODC Ocean Archive System" ;
294     :Conventions = "CF-1.6" ;
295     :standard_name_vocabulary = "CF-1.6" ;
296     :institution = "Bundesanstalt fuer Wasserbau (BAW) - ...
        Federal Waterways Engineering and Research ...
        Institute" ;
297     :references = ...
        "https://www.baw.de/DE/wasserbau/methoden/naturmessungen/naturmess
        ;
298     :source = "Operated and processed by AquaVision BV ...
        (NL) and BAW" ;
299     :geospatial_lat_min = 53.3877 ;
300     :geospatial_lat_max = 53.389 ;
301     :geospatial_lat_units = "degrees_north" ;
302     :geospatial_lat_resolution = "on average 7.12 m" ;
303     :geospatial_lon_min = 8.49227 ;

```

```

304 :geospatial_lon_max = 8.50321 ;
305 :geospatial_lon_units = "degrees_east" ;
306 :geospatial_lon_resolution = "on average 1.32 m" ;
307 :geospatial_vertical_units = "mNHN" ;
308 :geospatial_vertical_positive = "up" ;
309 :geospatial_vertical_resolution = "0.50 meters" ;
310 :naming_authority = "de.baw" ;
311 :publisher_name = "BAW - Abteilung Wasserbau - ...
    Hydraulic Engineering - Hamburg" ;
312 :publisher_email = "info@baw.de" ;
313 :publisher_url = ...
    "https://www.baw.de/DE/wasserbau/wasserbau.html" ;
314 :id = "ADCP_qp_Weser_090622" ;
315 :creator_name = "Steffen Gruenler" ;
316 :creator_email = "steffen.gruenler@baw.de" ;
317 :creator_url = ...
    "https://www.baw.de/DE/wasserbau/themen/aestuar_kueste/aestuar_kueste
    " ;
318 :uuid = "16998aad-689a-482f-a545-366ddf3d3973" ;
319 :time_coverage_start = "2009-06-22 08:27:41+02:00" ;
320 :time_coverage_end = "2009-06-22 21:34:02+02:00" ;
321 :date_created = "2017-04-07 12:20:00+02:00" ;
322 :date_modified = "2017-04-07 12:20:00+02:00" ;
323 :history = "AquaVision BV (NL) measurement; Data ...
    reprocessed by BAW" ;
324 :project = "ADCP moving ship measurements on cross ...
    profiles" ;
325 :contributor_name = "Christian Maushake (BAW), staff ...
    of AquaVision BV (NL), Steffen Gruenler (BAW), ...
    Bernhard Kondziella (BAW)" ;
326 :contributor_role = "measuring concept, measuring ...
    operation, post-processing of ADCP, and water level ...
    data" ;
327 :acknowledgment = "Measuring Operation are mainly done ...
    by AquaVision BV (NL), Christian Maushake (BAW)" ;
328 :sea_name = "North Sea" ;
329 :comment = "Data restrictions: for academic research ...
    use only" ;
330 }

```