**Benutzer Handbuch**

**ABLAUFBERG - WIN**

/ **Version 1.5 /**

**Teil II – Bemerkungen zur Dateneingabe**

***Bearbeitet von:***

**Dr.-Ing.H.König, Dipl.Ing.Hp.Stalder, MSc. Thomas Mangold**

**Schweizerische Bundesbahnen SBB**

**Prof.Ing.P.Cenek,CSc,**

**Fakultät für Management und Informatik, Žilinská univerzita, Žilina**

**© by SBB AG, Bern und L.Skýva und P.Cenek**

**Žilina, November 2008**

1. DATENEINGABE, REGELFÄLLE 2

1.1 Wagengruppe („Ablauf“) 2

1.1.1 Wagenzeile (Subtabelle 1) 2

1.1.2 Funktion ct (alpha) (Subtabelle 2) 3

1.2 Neigungen („Längsprofil“) 3

1.2.1 Neigungsabschnitte (Subtabelle) 4

1.3 Gleisbögen 5

1.3.1 Gleisbogenabschnitte (Subtabelle) 6

1.4 Weichen und Kreuzungen 7

1.4.1 Weichenabschnitte (Subtabelle) 7

1.5 Rollwiderstand 8

1.5.1 Rollwiderstandsabschnitte (Subtabelle) 8

1.6 Luftwiderstand 8

1.6.1 Luftwiderstandsabschnitte (Subtabelle) 9

1.7 Gleisbremsen und Fördereinrichtungen 10

1.7.1 Gleisbremsabschnitte (Subtabelle) 10

1.8 Absolute Brems-, Förder- und Leerlaufkräfte 13

1.8.1 Brems- und Beidrückkräfte (Subtabelle) 13

1.8.2 Leerlaufwiderstandskräfte (Subtabelle 2) 13

1.8.3 Berücksichtigung von Raddurchmesser und Achslast (Bremse Code 8) 14

Einleitung 14

Algorithmus 14

Funktion FA(AG) 15

Funktion FD(D) 16

Schluss 17

1.8.4 ‚Hemmschuh’-Bremsen (Bremse Code A) 17

1.9 Wirkzonen 18

1.9.1 Wirkzonenabschnitte (Subtabelle) 18

1.10 Abdrückgeschwindigkeit, Schrittweite, Laufweg sowie Iterationsgenauigkeit 18

2 DATENEINGABE, SONDERFÄLLE 1

2.1 Abdrückgeschwindigkeit gleich null („Anlauf“) 1

2.2 Ausschalten von Gleisbremsen uä 1

2.3 Geschwindigkeitsabhängiger Rollwiderstand 1

2.4 Simulation ohne Wind 1

2.5 Simulation ohne Wind und ohne Fahrwind 1

2.6 Verändern der Windrichtung 1

2.7 Gefällsanlagen 2

# DATENEINGABE, REGELFÄLLE

In den folgenden Abschnitten werden alle Regelfälle der Dateneingabe in der Reihenfolge behandelt, wie sie im Menüplan vorgesehen ist.

## Wagengruppe („Ablauf“)

Die Haupttabelle enthält den Namen der Gruppe und einige Angaben, die die ganze Gruppe (den ganzen Ablauf) betreffen

***Variante/Name*** - jede Wagengruppe muß einen Namen haben, unter dem sie aufgerufen und abgelegt wird, z.B.: ***06 GG alt***

Dabei bedeutet in diesem Fall:

***06*** - die Anzahl Wagen des Ablaufs,

***GG*** - einen Grenzgutläufer und

***alt*** - den Typ des Grenzgutläufers, wie er sich aus den „alten“ Rollwiderstandsmessungen im Rangierbahnhof Chiasso ergeben hat (im Gegensatz zu „neu“, das sich auf die Messungen von 1981 in Limmattal beziehen würde).

***Cct*** (Luftwiderstands-Code) - mit dem Code *Cct* wird die Funktion *ct (alpha)* aufgerufen. Dieser Code hat das Format***: XX.YY***

***XX*** ist die Anzahl Wagen im Ablauf (**nicht**: Zeilen der Wagenliste), und

***YY*** bezeichnet die Art des Ablaufs im Hinblick auf den Luftwiderstand. Es ist üblich, Gutläufer mit 20, Schlechtläufer mit 10 zu kennzeichnen. Die zweistelligen Zahlen bieten Platz für feinere Unterteilungen (sinnvoll nur, wenn entsprechende Funktionen *ct (alpha)* verfügbar sind).

***06.20*** bezeichnet also die Funktion *ct (alpha)* für einen Ablauf aus 6 gut laufenden Wagen.

***Fl*** [m2] (massgebende Stirnfläche) - *Fl* ist die (maßgebende) Stirnfläche des Ablaufs in [m2]

***Nv*** [-] (Anzahl Wagen) - die Anzahl Wagen im Ablauf (Anzahl Zeilen der Wagenliste) wird automatisch gesetzt, wenn die Wagenliste abgeschlossen wurde.

***Funktion ct (alpha)*** - wenn der Cursor auf dieser Spalte steht, ist ENTER zu geben. Das Programm springt dann in die Subtabelle 2, vgl. unten.

### Wagenzeile (Subtabelle 1)

Jede Wagenzeile bietet Platz für die Daten eines sechsachsigen Wagens. Sie enthält folgende Daten:

***Nr*** [-] (laufende Nummer des Wagens bzw. der Zeile) - die laufende Nummer des Wagens bzw. der Zeile wird programmgesteuert gesetzt. Es sind maximal 10 Zeilen vorgesehen.

***Naw*** [-] (Anzahl Achsen des Wagens) - *Naw* ist die Anzahl Achsen des Wagens bzw. der Massenpunkte der Zeile, sie muß der Anzahl Achsenabstände bzw. Abstände der Massenpunkte entsprechen.

***Vü*** [m] (vorderer Überhang) - der vordere Überhang ist der Abstand vom vorderen Puffer bis zur 1. Achse (zum ersten Massenpunkt). Er muß einen von 0 verschiedenen Wert haben.

***Dx (n)*** [m] (Achsenabstände) - *Dx1* bis *Dx5* sind die Abstände zwischen den Achsen bzw. den Massenpunkten, vgl. Bild.

***Hü*** [m] (Hinterer Übergang) - der hintere Übergang ist der Abstand vom hinteren Puffer bis zur letzten Achse (zum letzten Massenpunkt). Er muß einen von 0 verschiedenen Wert haben.

***Achs*** [m] (massgebender Achsstand zum Berechnen des Bogenwiderstandes) - der für die Berechnung des Bogenwiderstandes maßgebende Achsstand muß nicht mit dem wirklichen Achsstand des Wagens identisch sein, insbesondere ist er bei zweiachsigen Wagen mit z.T. radial einstellbaren Achsen („Doppelschakengehänge“) meist erheblich kleiner.

***G*** [t] (Achsenlast) - *G* ist die durchschnittliche Achsenlast aller Achsen eines Wagens bzw. aller Massenpunkte einer Zeile.

***Rho*** [%](Massenfaktor) - das Programm dividiert diesen Wert durch 100 und addiert dann 1 zum Massenfaktor sensu strictu. Die gewählte Form der Eingabe gestattet bei gleichem Format größere Genauigkeit.

***WO*** [kg/t] (Grundwiderstand, „Rollwiderstand“) - *WO* ist der Grundwiderstand des Wagens bzw. der Massenpunkte der Zeile, d.h. der Widerstand im geraden, horizontalen Gleis, ohne Widerstand aus Wind und Fahrwind.

Es sind 10 „Wagenzeilen“ vorgesehen. Wenn **mehr als 10 Wagen** zu simulieren sind, welche zusammen **weniger als 60 Achsen** haben, so kann auf jeder Zeile mehr als 1 Wagen untergebracht werden, z.B. 3 Zweiachser, 2 Dreiachser, 1.5 Vierachser. Dabei ist daran zu denken, daß alle Wagen einer Zeile die gleiche Achsenlast usw. bekommen. Die Achsenabstände sind entsprechend zusammenzufassen (Überhänge) bzw. zu teilen (Zwischenabstände).

### Funktion ct (alpha) (Subtabelle 2)

Den letzten Teil der Ablaufdaten bildet die Funktion *ct (alpha)* mit 10 Stützstellen von 0, 10 usw. bis 90 Altgrad. Für den bereits erwähnten Ablauf aus 6 Gutläufern (*Cct* = 06.20) sieht sie folgendermaßen aus:

***Funktion ct (alpha)***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0º | 10º | 20º | 30º | 40º | 50º | 60º | 70º | 80º | 90º |
| ***ct*** | 1.43 | 2.90 | 4.34 | 5.22 | 4.34 | 3.39 | 2.46 | 1.63 | 0.82 | 0.00 |

## Neigungen („Längsprofil“)

Die Haupttabelle enthält den Namen des Längsprofils und einige Angaben, welche für die ganze Simulation gelten, sie lautet z.B.:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Variante/Name | Xtot | Xgipf | Q | Nxs |
| E703R688 | 700.00 | 0.00 | 0.001 | 20 |

***Variante/Name*** - jedes Längsprofil muß einen Namen haben, unter dem es aufgerufen werden kann, z.B.: ***E703R688***

Es ist zweckmäßig, das Start- und das Zielgleis anzugeben. Im vorliegenden Beispiel ist das Gleis *E703* (Startgleis) und *R688* (Zielgleis). Auch diese Angabe ist bei zwei Berggleisen nicht unbedingt eindeutig. Nicht immer genügt die Anzahl Zeichen, um auch noch den Rangierbahnhof (hier: Limmattal) anzugeben.

***Xtot*** [m] (gesamter Laufweg) - der gesamte Laufweg ist die Distanz vom Berggipfel bis zu dem Punkt, an dem die Simulation beendet werden soll. **Alle wegabhängigen Daten sind bis zu diesem Punkt anzugeben**. Der gesamte Laufweg bezieht sich auf den vorderen Puffer des Ablaufs, vgl. das folgende Bild:

Der gesamte Laufweg wird zweckmäßig gleich einem ganzzahligen Vielfachen der Integrationsschrittweite angegeben, ferner auf volle 50 oder 100 m.

***Xgipf***  [m] (Gipfelabszisse) - normalerweise, d.h. bei Ablaufanlagen mit echtem Berggipfel, ist hier 0 einzusetzen. Wegen Gefällsanlagen vgl. „Sonderfälle“, Abschnitt 2.7.

***Nxs***  [-] (Anzahl Neigungsabschnitte) - die Zahl der Neigungsabschnitte wird programmgesteuert gesetzt, wenn die Liste der Neigungsabschnitte abgeschlossen wurde.

### Neigungsabschnitte (Subtabelle)

Für jeden Abschnitt des Längsprofils ist eine Zeile der Liste auszufüllen**. Dabei sind auch horizontale Abschnitte (Neigung S = 0.0) anzugeben**. Vom Gipfelpunkt nach rückwärts müssen soviel Abschnitte eingegeben werden, wie der Länge des Ablaufs über Puffer (LüP) entsprechen.  **Die Abschnitte werden in Ablaufrichtung eingegeben**. Um eine visuelle Kontrolle darüber zu ermöglichen, daß keine Lücken oder Überdeckungen im Längsprofil vorhanden sind, werden redundant, je **Anfang und Ende** der Abschnitte eingetragen.

***Nr*** [-] (laufende Nummer des Abschnitts) - die laufende Nummer des Neigungsabschnitts wird durch das Programm gesetzt.

***Xu, Xo*** [m] („untere“ bzw. „obere“ Abschnittsgrenze) - „unten“ und „oben“ im hier gebrauchten Sinn hat nichts mit der Höhenlänge zu tun: Die untere Abschnittsgrenze ist die mit der kleineren Abszisse, die obere die mit der größeren.

******Negative Abschnittsgrenzen liegen vor dem Ablaufberggipfel. In Ablaufrichtung hinter dem Berggipfel liegende Grenzen sind positiv. Das Pluszeichen wird nicht geschrieben. Für normale Ablaufanlagen mit einem echten Berggipfel ist künstlich eine Abschnittsgrenze da einzufügen, wo S = 0.00 mm/m ist, vgl. das folgende Bild.

Für Gefällsanlagen ohne echten Berggipfel vgl. den Teil „Sonderfälle“, Abschnitt 2.7.

***Su, So*** [mm/m] (Neigung an der unteren bzw. oberen Grenze) - bei Abschnitten mit konstanter Neigung sind beide Werte gleich (Gefälle negativ, Steigungen positiv). Bei Horizontalen werden die Nullen programmgesteuert gesetzt. In vertikalen Ausrundungen von Neigungswechseln ändert sich die Neigung linear; damit werden die beiden Werte ungleich, vgl. das Bild oben.

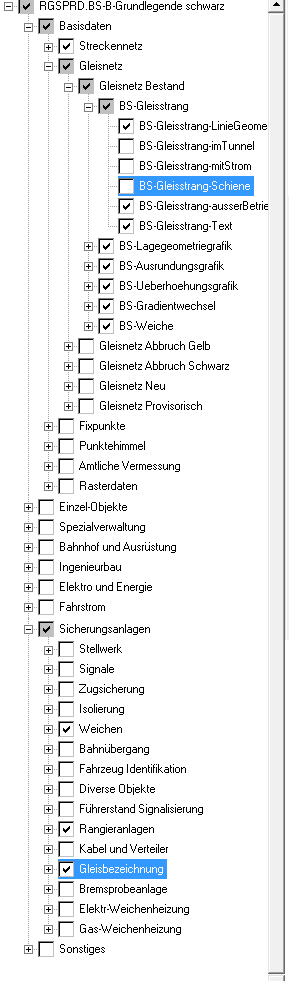
Neigungswechsel ohne Ausrundung sind für das Programm an sich zulässig. Kommt eine Achse (zufällig) genau auf den Neigungsbruch, dann wird mit dem arithmetischen Mittel der beiden angrenzenden Neigungen gerechnet. Im Hinblick auf die Genauigkeit der Simulation sind solche Neigungsbrüche jedoch auf Neigungsunterschiede von höchstens 5 mm/m zu beschränken. **Am Ablaufberggipfel ist unbedingt mit Ausrundung zu rechnen**.

## Position des Gipfelpunktes

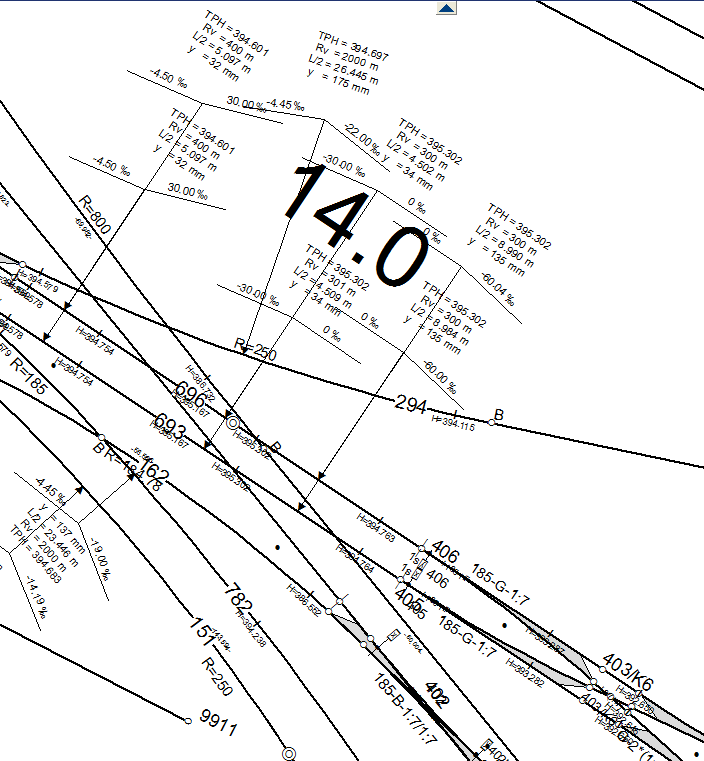
Der Gipfelpunkt ist der Nullpunkt der Abszisse. Da die Position des Neigungszeiger in der DfA nicht am wirklichen Gipfelpunkt liegt sondern a Tangentenschnittpunkt der beiden Neigungen der Steilrampe und der Gegensteigung, muss die Gipfelposition berechnet und das Neigungssegement des Ablaufberges in zwei Teilstücke unterteilt werden.

Die Werte können aus der DfA mit folgenden Anzeigefiltereinstellungen abgefragt werden

Legende: BS-B-Grundlegende schwarz:



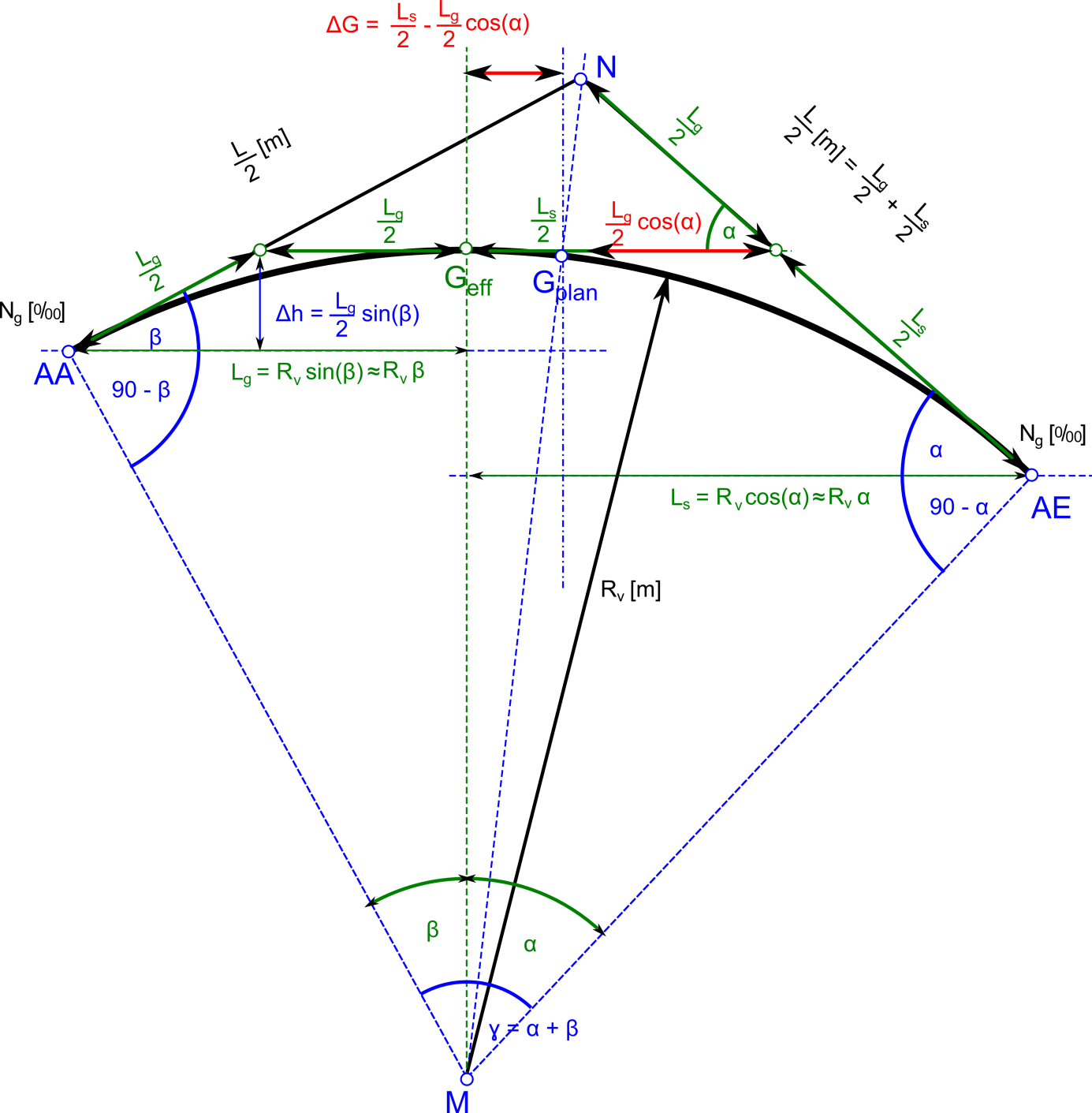
Das Gipfelneigungssegement zwischen der Steilrampe und der Gegensteigung hat den vertikalen Ausrundungsradius Rv , ablesbar in der DfA.



Neben den Gleisnummern sind die Neigungsbrüche sichtbar negative Werte sind aus Sicht des Standpunktes des Neigungszeigers Gefälle.

Legende:

TPH: Höhe in m.u.M.  
Rv: vertikaler Ausrundungsradius  
L/2: halbe Tangentenlänge an den Ausrundungsbogen



Im Ablaufberg erfasst wird für den Ausrundungsbogen vom Gipfel (Neigung 0.00 ‰) zur Steilrampe und vom Gipfel zur Gegensteigung

## Gleisbögen

Die Haupttabelle enthält den Namen der Variante, die Koeffizienten Epsi0 und Epsi1 der Formel für die Berechnung des Bogenwiderstandes und die Anzahl Abschnitte, die nach Abschließen der Subtabelle „Bogenabschnitte“ programmgesteuert gesetzt wird. Die Formel für den Bogenwiderstand lautet:

***WR = (Epsi0 + Epsi1 \* Achs) / R*** [kg/t]

***Achs*** [m] ist der für den Bogenwiderstand maßgebende Achsstand

***R*** [m] der Radius des Gleisbogens.

***Epsi0*** [m.kg/t] ist in der Regel 107.0 und

***Epsi1*** [kg/t] ist 105.5.

Um den Bogenwiderstand *WR* für Wagen mit partiell radial einstellbaren Achsen auf den in den Ergebnissen der Laufeigenschaftsmeßungen im Rangierbahnhof Limmattal angegebenen Wert zu reduzieren (z.B. für einen GG (neu) bei 20.5 t Achsenlast auf 18%), können entweder *Epsi0* und *Epsi1* entsprechend reduziert werden oder der maßgebende Achsstand gegenüber dem wirklichen

***Variante/Name -*** als Variantenname wird zweckmäßigerweise der des Längsprofils gewählt.

***Epsi0***, ***Epsi1*** (Koeffizienten der Formel des Bogenwiderstandes) - vgl. das oben Gesagte.

***Nxr*** [-] (Anzahl Gleisbogenabschnitte) - die Zahl der Bogenabschnitte wird nach Abschluß der Liste der Gleisbögen programmgesteuert gesetzt.

### Gleisbogenabschnitte (Subtabelle)

Es sind in Ablaufrichtung alle Gleisbögen anzugeben, die vom Ablauf befahren werden, auch die von im „krummen Strang“ befahrenen Weichen. Bei diesen ist zu beachten, daß die Länge solcher Bögen u.U. nicht identisch ist mit der Weiche: Bei Weichen mit geradem Herzstück endet der Bogen vor diesem, ist also kürzer als die Weiche. Korbbögen sind in entsprechend viele Abschnitte mit einheitlichem Radius aufzuteilen. (Manche Bauarten von Weichen haben Korbbögen: Die Zunge hat einen größeren Radius als der restliche krumme Strang).

**Gerade Gleisstücke sind nicht Anzugeben**. Das Bogenband enthält also Lücken.

Ein an sich einheitlicher Gleisbogen am Ablaufberggipfel muß, anders als der entsprechende Neigungsabschnitt, nicht künstlich unterteilt werden. Gleis- und Weichenbögen, die denselben Radius haben, gleichsinnig sind und unmittelbar aneinander anstoßen, können zusammengefaßt werden.

***Nr*** [-] (laufende Nummer des Gleisbogenabschnitts) - die laufende Nummer des Abschnitts wird vom Programm gesetzt.

***Xu, Xo*** [m] („untere“, bzw. „obere“ Grenze des Bogenabschnitts) - sinngemäß wie bei den Neigungen. Grenzen, die vor dem Ablaufberggipfel liegen, erhalten negatives Vorzeichen.

***Rad*** [m] (Radius des Gleisbogenabschnitts) - für jeden Gleisbogen ist der (konstant gedachte) Radius anzugeben. Die Möglichkeit, Übergangsbögen einzugeben, wurde nicht vorgesehen, weil Übergangsbögen in Ablaufanlagen nicht vorkommen. Nötigenfalls sind sie durch Korbbögen anzunähern.

Die Radien der Gleisbögen sind mit Vorzeichen zu versehen. Ein Gleisbogen ist „positiv“, wenn er in Ablaufrichtung gegen, „negativ“, wenn er mit dem Uhrzeigersinn dreht, vgl. dazu das folgende Bild:

Pluszeichen werden nicht geschrieben. Zusammen mit Bogenradius und Länge dient das Vorzeichen zum Berechnen des relativen Anblaswinkels des Windes.

## Weichen und Kreuzungen

Die Haupttabelle enthält den Namen der Variante und die Zahl der Weichenabschnitte.

***Variante/ Name*** - als Variantenname wird zweckmäßigerweise der des Längsprofils gewählt.

***Nxr*** [-] (Anzahl der Weichenabschnitte) - die Zahl der Weichenabschnitte wird nach Abschließen der Liste programmgesteuert gesetzt.

### Weichenabschnitte (Subtabelle)

Die Eingabe der Weichenabschnitte dient dem Berechnen des Weichenwiderstandes. Dieser tritt im wesentlichen beim Einlaufen in die Zunge sowie beim Befahren von Herzstück und Radlenker auf. Dennoch ist es üblich, ihn als über die ganze Weichenlänge verteilt anzunehmen. Immerhin bietet das Programm auch die Möglichkeit, ihn „spitz“, also konzentriert auf die Länge der Radlenker, einzugeben.

***Nr*** [-] (laufende Nummer des Abschnitts) - die laufende Nummer des Abschnitts wird programmgesteuert gesetzt.

***Xu, Xo*** [m] („untere“ bzw. „obere“ Grenze des Abschnitts) - wie bei den Gleisbögen schließen die Weichenabschnitte nicht immer lückenlos aneinander. Anders als bei den Gleisbögen und Neigungen kommen hingegen bei den Doppel- und Kreuzungsweichen Überlappen vor, vgl. das folgende Bild:

Weichenabschnitte, die unmittelbar aneinander stoßen und den gleichen Widerstand haben, können zusammengefaßt werden.

**Wegen der Eingabe der Gleisbögen von im krummen Strang befahrener Weichen vgl. das unter Gleisbögen Gesagte.**

***Ww*** [kg/t] (Weichenwiderstand) - wird der Weichenwiderstand als über die gesamte Länge der Weiche, bzw. Kreuzung verteilt angenommen, dann ist hier für neue, d.h. wenig abgenutzte, gut liegende Weichen 0.5, für stark abgefahrene, schlecht liegende 1.0 kg/t anzusetzen. Soll „spitz“ eingegeben werden, dann kann wie folgt auf die Länge des Herzstücks umgerechnet werden:

***Ww: = Ww\*LW/LH*** [kg/t]

mit: ***Ww*** [kg/t] *-* Weichenwiderstand

***LW*** [m] - Länge der Weiche und

***LH*** [m] - Länge des Herzstücks

## Rollwiderstand

Der Rollwiderstand wird für ablaufdynamische Untersuchungen im allgemeinen als unabhängig von Laufweg und Geschwindigkeit angenommen. Es ist aber bekannt, daß **Gleitachslagerwagen** nach längerem Stillstand vor allem bei kalter Witterung einen ziemlich hohen Rollwiderstand zeigen, der erst nach längerem **Laufweg** auf normale Werte abfällt. Es schien deshalb 1965, als das Programm ABLAUFBERG erstellt wurde und es noch verhältnismäßig viele Gleitachslagerwagen gab, richtig, den Rollwiderstand als Funktion des Laufweges variabel zu machen. Dem dienen die folgenden Eingaben.

Gleitachslagerwagen zeigten außerdem, wie die SNCF meßtechnisch nachgewiesen hat, eine deutliche Abhängigkeit des Rollwiderstandes von der Geschwindigkeit. Seither ist der europäische Güterwagenpark fast zur Gänze auf Rollenlager umgestellt.

Immerhin zeigten Beobachtungen, daß Wagen mit eng eingestellten Bremsklötzen u.ä. vor allem im Bereich kleiner Geschwindigkeiten überhöhte Rollwiderstände zeigen: Der Reibungsfaktor *mü* ist eine Funktion der Geschwindigkeit. Auf eine Ergänzung des Programms ABLAUFBERG mit geschwindigkeitsabhängigem Rollwiderstand wurde dennoch verzichtet, denn die Bereiche der Ablaufanlage, in denen niedrige Geschwindigkeiten infolge eng anliegender Bremsklötze vorkommen, sind recht gut bekannt, so daß die an sich geschwindigkeitsanhängige Überhöhung des Rollwiderstandes hinlänglich genau durch eine Wegabhängigkeit nachgebildet werden kann.

Um die Dateneingabe übersichtlich zu gestalten, wird nicht der absolute Betrag des Rollwiderstandes *WO* als Funktion des Weges eingegeben, sondern seine Veränderung in % gegen den Grundwert als sog. **relativer Rollwiderstand**.

Die Haupttabelle enthält den Variantennamen und die Zahl der Abschnitte.

***Variante/Name*** - als Variantenname wird zweckmäßigerweise der des Längsprofils genommen.

***Nxwr*** [-] (Anzahl der Rollwiderstandsabschnitte) - da im Normalfall ablaufdynamischer Untersuchungen der Rollwiderstand nicht verändert wird, gibt es nur 1 Abschnitt, der über die ganze Länge der anzugebenden Eingabedaten läuft. Wird nach Abschluß der Liste der Rollwiderstandsabschnitte automatisch gesetzt.

### Rollwiderstandsabschnitte (Subtabelle)

***Nr*** [- ] (laufende Nummer des Abschnitts) - die laufende Nummer des Abschnitts wird programmgesteuert gesetzt.

***Xu, Xo*** [m] („untere“ bzw. „obere“ Abschnittsgrenze) – in der Regel ist nur ein Abschnitt anzugeben, dessen Abszissen den abzubildenden Bereich der Anlage (Ablauflänge, totaler Laufweg) eingrenzen.

***Wru, Wro*** [%] (relativer Rollwiderstand) – in der Regel für beide Werte 100 % einsetzen.

## Luftwiderstand

In diesem Teil der Dateneingabe werden die den Luftwiderstand beeinflussenden Windverhältnisse beschrieben (während die den Luftwiderstand beeinflussenden Eigenschaften des Ablaufs unter den Wagendaten behandelt wurden).

Der Luftwiderstand wird, wie üblich, nach folgender Formel berechnet:

***WL = ct\*F\*VR2/16\*G*** [kg/t]

mit: ***ct*** [-] Luftwiderstandskoeffizient

***F*** [m2 ] maßgebende Stirnfläche des Ablaufs

***VR*** [m/s] Relativgeschwindigkeit zwischen Ablauf und Wind

***G*** [t] Gewicht des Ablaufs

Die Haupttabelle enthält den Variantennamen, Windrichtung und Geschwindigkeit sowie die Anzahl Abschnitte.

***Variante/Name*** - als Variantenname wird zweckmäßigerweise der des Längsprofils genommen.

***Beta0*** [Altgrad] (Windrichtung am Berggipfel gegen Gleisachse) - die Winkel sind immer positiv anzugeben. Der Drehsinn ist gegen den Uhrzeigersinn, vgl. Bild. Ein Winkel von 45° im vierten Quadranten ist also mit 315°, nicht mit - 45°anzugeben.

***Vl***  [m/s] (Windgeschwindigkeit am Berggipfel) - die Windgeschwindigkeit am Berggipfel ist ohne Vorzeichen anzugeben, ob Gegen- oder Rückenwind herrscht, ergibt die Windrichtung (0 bzw. 180°).

***Nx1*** [-] (Anzahl Abschnitte der Windgeschwindigkeit) - wird nach Abschließen der Liste der Windgeschwindigkeitsabschnitte programmgesteuert gesetzt.

### Luftwiderstandsabschnitte (Subtabelle)

Ähnlich wie beim Rollwiderstand gestattet die Einführung von Luftwiderstandsabschnitten, die Windgeschwindigkeit Weg-orientiert zu variieren. Grund dafür ist die (z.T. berechtigte) Vorstellung, daß am hochliegenden, exponierten Ablaufberg stärkerer Wind herrscht als in der tiefliegenden Richtungsgruppe, in der zudem die dort schon befindlichen Wagen für den aktuellen Ablauf Windschatten bieten. Für diese Abnahme der Windgeschwindigkeit vom Berg ins „Tal“ gibt es eine Konvention, welche sich ia. nicht schlecht bewährt hat. Sie besagt, daß die Windgeschwindigkeit auf die ersten 150 m vom Berg talwärts die Windgeschwindigkeit auf die Hälfte, auf die nächsten 150 m auf ein Viertel der Windgeschwindigkeit am Berg abnimmt und sodann konstant bleibt.

Der von den Luftwiderstandsabschnitten erfaßte Bereich muß dem des Längsprofils entsprechen.  
***Nr*** [-] (laufende Nummer) - die laufende Nummer des Abschnitts wird programmgesteuert gesetzt.

***Xu, Xo*** [m] („untere“ bzw. „obere“ Grenze des Abschnitts) - in der Regel ist mit 4 Abschnitten (für 100, 100/50, 50/25 sowie 25% relative Windgeschwindigkeit) auszukommen. Als Grenze zwischen den ersten beiden Abschnitten wird in der Regel der Tangentenschnittpunkt zwischen der Horizontalen des Berggipfels und der Steilrampe gewählt.

***V1u, V1o*** [%] (relative Windgeschwindigkeit) – in der Regel wie bereits oben erläutert 100/100, 100/50, 50/25 und 25/25 % einsetzen.

## Gleisbremsen und Fördereinrichtungen

Gleisbremsen, Booster/Retarder und Fördereinrichtungen werden formal gleich behandelt. Das Programm ist durch Einführung eines Bauart-Codes in der Lage, alle die Geschwindigkeit von Abläufen beeinflussenden Einrichtungen zu simulieren. Bauarten in diesem Sinn sind nicht Firmen-Bauarten, sondern funktionale Bauarten, z.B. eine Gleisbremse mit Vorhalt-**Steuerung**, die nach dem Erreichen der Lösegeschwindigkeit nachbremst, solange sich noch Achsen des Ablaufs in der Bremse befinden; eine nach dem BKINA Verfahren **rückgekoppelt geregelte**, die so arbeitet, daß die Lösegeschwindigkeit mit Auslauf der letzten Achse erreicht wird, so daß Nachbremsen entfällt; oder ein Förderwagen, dessen Schubkraft unabhängig davon ist, wieviel Achsen die Wagengruppe hat, die er schiebt.

Das Programm unterscheidet nicht zwischen der gewünschten Lösegeschwindigkeit und derjenigen, bei der die Gleisbremse den Befehl zum Lösen bekommt (Lösegeschwindigkeit zuzüglich Vorhalt).

Die Haupttabelleenthält den Variantennamen sowie die Anzahl Abschnitte.

***Variante/Name*** - der Variantenname sollte einerseits Bezug auf die Ablaufanlage nehmen (wegen der Anordnung der Gleisbremsen, usw.) aber andererseits auch auf den Ablauf (z.B. wegen der Auslaufgeschwindigkeit). Das Format des Namens setzt hier Grenzen, die zu Kompromissen zwingen.

***Nxbr***  [-] (Anzahl der Gleisbremsabschnitte) - wird nach Abschließen der Liste programmgesteuert gesetzt.

### Gleisbremsabschnitte (Subtabelle)

In dieser Liste sind alle Abschnitte mit Gleisbremsen, Fördereinrichtungen uam. aufzuführen. **Doppelbremsen sind in zwei Abschnitte aufzulösen**, auch wenn sie konstruktiv (wie bei WABCO) durchgehen.

***Nr*** [-] (laufende Nummer) - die laufende Nummer des Abschnitts wird programmgesteuert gesetzt.

***KodLbr*** [-] (Bauart-Code der Bremse bzw. Fördereinrichtung) - der Bauart-Code ist fünfstellig. Er hat Steuerfunktionen für das Programm. Es bedeutet die:

***1. Stelle von links***:

**1** Gleisbremsen, deren Bremskraft pro Achse **nicht** von der in der Bremse befindlichen Anzahl Achsen abhängt und die nach dem Erreichen der Lösegeschwindigkeit **nicht** nachbremsen;

**2** Gleisbremsen, deren Bremskraft pro Achse von der in der Bremse befindlichen Anzahl Achsen abhängt und die nach dem Erreichen der Lösegeschwindigkeit **nicht** nachbremsen;

**3** Gleisbremsen, deren Bremskraft pro Achse **nicht** von der in der Bremse befindlichen Anzahl Achsen abhängt und die nach dem Erreichen der Lösegeschwindigkeit **nachbremsen** (zB **Thyssen TW-Bremsen**);

**4** Gleisbremsen, deren Bremskraft pro Achse von der in der Bremse befindlichen Anzahl Achsen abhängt und die nach dem Erreichen der Lösegeschwindigkeit **nachbremsen** (zB. **Rangierlok** beim Abbremsen);

**5** Vorrichtungen, die bei Überschreiten einer Grenzgeschwindigkeit („Lösegeschwindigkeit“) bremsen, bei Unterschreiten derselben beidrücken und deren Brems- bzw. Beidrückkraft pro Achse **nicht** von der in der Vorrichtung befindlichen Anzahl Achsen abhängt. Die Brems- und Beidrückkräfte müssen nicht gleich groß sein, weil sie getrennt von einander eingegeben werden (z.B. **ULTRA Booster/Retarder);**

**6** Gleisbremsen, deren Bremskräfte nach dem BKINA Verfahren geregelt werden. Die BKINA Verzögerung wird pro Achse ermittelt und in jeden Rechenschritt Ddx nachgeführt; sie hängt nicht von der Anzahl Achsen in der Bremse ab, multipliziert sich folglich mit der. Da die Lösegeschwindigkeit mit Auslaufen der letzten Achse des Ablaufs aus der Bremse erreicht wird, wurde Nachbremsen nicht vorgesehen (**Thyssen TW-Bremsen**);

**7** Gleisbremsen wie 3, die unterhalb der Lösegeschwindigkeit einen Leerlaufwiderstand haben. Bremskraft und Leerlaufwiderstand pro Achse werden unabhängig von einander eingegeben (z.B. **ULTRA Booster/Retarder, Schraubenbremsen);**

**8**  Gleisbremse wie 7, die Lösegeschwindigkeit wird jedoch abhängig von der Achslast und dem Raddurchmesser für jeden Wagen einzeln eingestellt;

**9** Fördereinrichtungen, deren Beidrückkraft pro Achse von der in ihnen befindlichen Anzahl Achsen abhängig ist und die nach Erreichen der Schaltgeschwindigkeit den Ablauf auf konstanter Geschwindigkeit halten (soweit notwendig und die Beidrückkraft dafür genügt), bis die letzte Achse die Einrichtung verläßt (z.B. **Förderwagen, Rangierlok beim Fahren**);

**A** Hemmschuh Bremsen: Die Bremskraft ist von der Achslast der ersten Achse abgeleitet und von Achsenzahl und Geschwindigkeit unabhängig.

Die Bauarten 1 bis 4, 6 und 7 (diese nur im Bremsmodus) ermitteln Teilintervalle für das genaue Erreichen der Lösegeschwindigkeit. Das Nachbremsen bzw. Fördern erfolgt einmal je ganzen Rechenschritt Ddx. Mit den Codes 2, 4 und 9 werden die Koeffizienten der Funktion für die Abhängigkeit der Brems- bzw. Förderkraft von der Anzahl Achsen in der Einrichtung aufgerufen.

Brems- und Beidruckkräfte werden ohne Vorzeichen eingegeben.

***2. Stelle von links***:

Hier ist die Anzahl Gewichtsstufen der Gleisbremse anzugeben. Es wurde maximal 9 Stufen vorgesehen, denen entsprechende Bremskräfte zugeordnet werden, vgl. unten.

Kommt im zu simulierenden Ablauf  **nur eine**  Achsenlast vor, so braucht nur die entsprechende Bremskraftstufe angegeben werden, also 1.

Gewichtsautomatische Gleisbremsen (sog. Dreikraftbremsen) können nicht unmittelbar simuliert werden. Kommen im Ablauf nicht mehr als 9 Achsenlasten vor, dann können die zugehörigen Bremskräfte spitz angegeben werden, womit die Simulation exakt wird.

Für BKINA-geregelte Gleisbremsen (Code 6) ist die größte, mögliche Bremskraftstufe anzugeben, also hier 1, um zu verhindern, daß unzulässig große BKINA Vorzögerungen berechnet und verwendet werden.

***3. Stelle von links***

Diese Stelle ist bedingt frei verfügbar: **Für BKINA-geregelte Doppelbremsen muss hier D eingetragen werden**.

Im übrigen kann diese Stelle durch weitere Angaben für zusätzliche Erläuterungen dienen wie

**B** (Bergbremse),

**T** (Talbremse),

**R** (Richtungsgleisbremse),

**U** (ULTRA Retadrer),

**F** (Förderwagen),

**H** (Hemmschuh Bremsen).

***4. und 5. Stelle von links***

Diese Stellen ist völlig frei verfügbar, sie kann rudimentär zur Kennzeichnung des behandelten Ablaufs verwendet werden, z.B.

**1** - Grenzschlechtläufer,

**2** - Normalschlechtläufer,

**3** - Normalgutläufer,

**4** - Grenzgutläufer u.ä.

***Xu, Xo*** [m] („untere“ bzw. „obere“ Abschnittsgrenze) - die hier einzugebenden Abszissen begrenzen die **Nutzlängen** der Brems- bzw. Förderabschnitte, nicht die Konstruktionslängen. Erfolgt die Eingabe auf einer Kopie einer anderen Datenbank, können die Koordinaten für alle Einträge der übergeordneten Tabelle gleichzeitig geändert werden. Dazu wird ein wert ausgewählt. Dieser wird rechts im Fenster ausgegeben und kann dann für alle Bremsen geändert werden.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

Doppelbremsen können unmittelbar aneinanderstoßen (z.B. WABCO). Wenn sie nicht unmittelbar aneinanderstossen und bis max 3 m auseinander liegen. Ab 3 m Abstand zwischen zwei Bremsen mit dem gleichen Namen kommt eine Sicherheitsabfrage.

***Vaus*** [m/s] (Auslauf-, Löse-, Fördergeschwindigkeit) - die einzusetzenden Werte hängen von den Algorithmen, die für die Abstandhaltung, die Laufzielbremsung usw. angewendet werden, ab;  **sie müssen also extern ermittelt werden.**

***Xein*** [m] (Einschaltpunkt von Bremsen, Förderwagen) - der Einschaltpunkt einer Gleisbremse bzw. einer Fördereinrichtung ist derjenige Punkt im Laufweg eines Ablaufs (bezogen auf den vorderen Puffer), von dem an die Brems- bzw. Förderkraft wirksam geschaltet werden soll. Durch die Einführung des Einschaltpunktes wird die Simulation vor allem des Bremsens mit ganz oder partiell verzögertem Einschalten ermöglicht. Das Bremsen bzw. Fördern beginnt dann nicht mit dem Einlauf der 1. Achse des Ablaufs in die Einrichtung, sondern erst dann, wenn der vordere Puffer des Ablaufs eine bestimmte Stelle, eben den Einschaltpunkt, erreicht hat.

Für Gleisbremsen und Fördereinrichtungen, die mit dem Einlauf der ersten Achse wirksam werden sollen, d.h. für den üblichen Fall, muß keine Angabe gemacht werden. Im Programm wird dies als „Einschalten, wenn sich der vordere Puffer auf dem Ablaufberggipfel (Nullpunkt) befindet“, interpretiert.

***A1, A2, A3*** [-] (Koeffizienten für den Abminderungsfaktor) - der Abminderungsfaktor gestattet, die Abhängigkeit der Brems- bzw. Beidrückkraft von der in der Gleisbremse bzw. Fördereinrichtung momentan befindlichen Anzahl Achsen zu berücksichtigen. Für Einrichtungen, die nicht achsabhängig arbeiten, bleiben die Spalten leer. Der Abminderungsfaktor ist wichtig, wenn Förderwagen und Rangierlok simuliert werden sollen. Die Gleichung lautet:

***1 / (ao + a1 . n + a2  . n2),***

mit:

***n*** [-] - Anzahl Achsen, die sich in der Einrichtung befindet

Für Fördereinrichtungen und Rangierlok ist *ao = 0, a1 = 1, a2 = 0* zu setzen. Dadurch wird erreicht, daß die Förder- bzw. Zugkraft der Lok absolut, ohne Rücksicht auf die gerade geschobene Anzahl Achsen, konstant bleibt.

***Wbr, Wir*** [%] (relative Brems- bzw. Förderkraft und relativer Leerlaufwiderstand) - die **relative Brems- bzw. Förderkraft** wurde eingeführt, um Änderungen am Niveau der Brems- bzw. Förderkraft einfach vornehmen zu können. Das ist vor allem dann von Vorteil, wenn sie geschwindigkeitsabhängig und für mehrere Achsenlaststufen eingegeben ist.

Änderungen am Bremskraftniveau kommen häufig vor, wenn Temperatureinflüsse z.B. von Retardern untersucht werden müssen.

Es können auch größere Werte als 100% eingegeben werden.

Brems- und Fördereinrichtungen, die nicht wirksam sein sollen, jedoch aus Gründen der einheitlichen Dateneingabe (Strecke!) vorgesehen wurden, können auf einfache Weise ausgeschaltet werden, indem ihre relative Kraft gleich 0 gesetzt wird. Eine Lösegeschwindigkeit muß dann nicht mehr angegeben werden (allenfalls 0). Die zugehörigen Angaben der (absoluten) Brems- bzw. Förderkräfte werden sinnvollerweise gemacht.

## Absolute Brems-, Förder- und Leerlaufkräfte

Die Haupttabelle enthält die laufende Nummer, den Bauart-Code und die Zahl der Abschnitte.

***Nbr***  [-] (laufende Nummer) - die laufende Nummer des Abschnitts wird programmgesteuert gesetzt.

***KodLbr*** [-] (Bauart-Code der Gleisbremse bzw. Fördereinrichtung) - wie oben im Abschnitt 1.7 bei der Subtabelle der Gleisbrems- und Förderabschnitte.

***Nbk, Nlk*** [-] (Anzahl der Gewichtsstufen für Brems- und Förderkräfte sowie Leerlaufwiderstand) - wird nach Abschließen der Liste programmgesteuert gesetzt.

### Brems- und Beidrückkräfte (Subtabelle)

***Nbk*** [-] (laufende Nummer der Gewichtsstufe) - wird programmgesteuert gesetzt.

***Gu, Go*** [t] (untere bzw. obere Grenze der Gewichtsstufe) - die obere Grenze einer Gewichtsstufe darf identisch sein mit der unteren der nächsten. Im Programm sind höchstens neun Gewichtsstufen vorgesehen.

Die Funktion wird für die Simulation der Klettergrenze verwendet. Eine TWF Bemst leichte Achsen nur mit 37% der Bremskraft und erhöht die Bremskraft linear bis 100% bei 18t Achsdruck.

***Bb*** [kg/Achse] (Brems- und Beidrückkräfte) - die Brems- und Beidrückkräfte können in Funktion der Geschwindigkeit angegeben werden. Es sind 9 Stützstellen von V = 0 bis 10 m/s in ungleichen Inkrementen vorgesehen, nämlich:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 10.0 | [m/s] |

Die Funktion ist in den seltensten Fällen hinlänglich bekannt. Eine Ausnahme bilden die ULTRA-Retarder. In den meisten Fällen ist also auf allen Stützstellen derselbe mittlere Wert anzugeben. Die engere Einteilung der Stützstellen im Bereich kleiner Geschwindigkeiten erleichtert das Eingeben des Z/V-Diagramms von Rangierlokomotiven.

Für Gleisbremsen der Bauart 6 (BKINA-geregelt) ist die höchstens zulässige Bremskraft anzugeben (die wirklich berechnete ergibt sich programmgesteuert aus den Notwendigkeiten der Regelung).

Bei Fördereinrichtungen ist die Schubkraft in der Regel unabhängig von der Achsenlast. Für die Simulation ist es dennoch sinnvoll, für leichte Wagen kleinere Schubkräfte anzusetzen, da es sonst zum Überschwingen kommt: Bei Fördereinrichtungen werden keine Teilintervalle gerechnet, so daß es ia, zu erheblichem Überschwingen kommt.

### Leerlaufwiderstandskräfte (Subtabelle 2)

Analog Subtabelle 1. Auf die Eingabe des Leerlaufwiderstandes von Retardern (ULTRA, THYSSEN, TDJ, ASEA, ZOSKA) darf auf keinen Fall verzichtet werden, da er für den Grenzschlechtläufer einen erheblichen Anteil an die Höhe des Ablaufberges bringt.

### Berücksichtigung von Raddurchmesser und Achslast (Bremse Code 8)

### Einleitung

Bei der Ermittlung der zulässigen Abdrückgeschwindigkeit der einzelnen Abläufe im Hinblick auf Vorläufer musste der Einfluss unterschiedlicher Raddurchmesser bisher unberücksichtigt bleiben, da diese messtechnisch noch nicht erfassbar waren. Die auf Augenschein und Kenntnis der Wagentypen des Wagendatenaufnehmers beruhende Klassifizierung in Wagen ohne kleine Räder und mit solchen hat nie recht befriedigt, weil das Erkennen schwierig war. So blieb nichts anderes übrig als eine ganz grobe Berücksichtigung: wenn in einem Ablauf auch nur ein Wagen mit „kleinen“ Rädern festgestellt wurde, mussten dem Ablauf die Laufgeschwindigkeit „kleiner“ Räder zugeordnet werden, woraus sich viel tieferes Absenken der Abdrückgeschwindigkeit ergab, als nötig gewesen wäre. Dieses Absenken wirkte sich zudem stärker aus als an sich nötig, weil das Absenken und wieder Anheben der Abdrückgeschwindigkeit so vorsichtig erfolgen musste, dass Längsschwingungen im Wagenverband, die zu Katapulteffekten am Berg führten konnten, sicher vermieden wurden. Anderseits aber ist eben der Einfluss des Raddurchmessers erheblich.

Nachdem Siemens deren Erfassung meßtechnisch anbietet (wenn auch das Ergebnis des Verfahrens mit einiger Ungenauigkeit behaftet ist), erscheint es angebracht, davon Gebrauch zu machen: Denn gerade bei langen Abläufen mit ihren vielen Achsen werden sich die Messfehler bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Auch die verschiedenen Achslasten eines Ablaufs können ebenfalls bei Einfahrt des Zuges erfasst werden.

Infolgedessen erscheint es sinnvoll, aus den Messwerten nicht nur einen Mittelwert für den Raddurchmesser bzw. Die Achslast zu bilden, sondern jede einzelne Achse mit ihren Einfluss auf das Verhalten des Ablaufs zu berücksichtigen. Eine schwere Achse mit kleinen Rädern kann je nach gesamter Masse des Ablaufs und je nach den übrigen Raddurchmessern „dominant“ werden, wenn sie zB. genügt, den Ablauf zu „halten“.

Es wird deshalb vorgeschlagen, bei der Simulation nicht nur das mittlere Achsgewicht des Ablaufs MAGA und einen fiktiven mittleren Raddurchmesser MDA zu berücksichtigen, sondern jede Achse mit ihrem Gewicht und ihrem Raddurchmesser.

Jede einzelne Achse wird dabei nach Abschluss eines (vollen) Rechenschrittes daraufhin abgefragt, ob sie im folgenden Rechenschritt „aktiv“ bleiben soll oder „abgeschaltet“ werden muss, weil die Geschwindigkeit des Ablaufs unter ihre spezifische Schaltgeschwindigkeit gesunken ist.

Auf das Berechnen von Teilschritten für das genaue Erreichen der Schaltgeschwindigkeit jeder einzelnen Achse kann verzichtet werden, nicht hingegen auf Teilschritte beim Einlaufen in und Auslaufen aus Bremsabschnitten.

Es wird vermutet, dass sich gerade dadurch die „Trompete“ der Zeit/Weg-Linie der Abläufe, die der Ermittlung der zulässigen Abdrückgeschwindigkeit zugrunde liegt, verengern lässt, so dass vor allem in Grenzfällen die Abdrückgeschwindigkeit weniger tief abgesenkt werden muss.

### Algorithmus

Für jede Achse des Ablaufs lässt sich die Laufgeschwindigkeit, die sich einstellen würde, wenn sie frei laufen würde, darstellen als Sollwert des Bremsabschnitts VS, der mit einem Korrekturfaktor für die Achslast und einem zweiten für den Raddurchmesser multipliziert wird:

**VS = VSN \* FA(AG) \* FD(D)**

VS - effektive Laufgeschwindigkeit [m/s],

VSN - nominelle Schaltgeschwindigkeit, dh. Einstellgeschwindigkeit der Retarder [m/s],

FA - Faktor zur Berücksichtigung der Achslast [-],

AG - Achslast [t],

FD - Faktor zur Berücksichtigung des Raddurchmessers [-],

D - Raddurchmesser [mm].

Die multiplikative Verknüpfung beider Einflüsse erscheint zwar plausibel, ist jedoch bisher messtechnisch nicht überprüft bzw. Nachgewiesen.

### Funktion FA(AG)

Die Funktion für die mittlere Laufgeschwindigkeit VL in Funktion der mittleren Achslast des Ablaufs MAGA wurde im ZVbf Wien zweimal gemessen, das erste Mal, als unzulässig hohe Laufgeschwindigkeiten festgestellt worden waren (vgl.Bild 1), das zweite Mal nach verbesserter Qualitätskontrolle der Retarder der Weichenzone (vgl.Bild2). Der Ermittlung von FA wird diese Funktion zugrunde gelegt, obgleich das heutige wirkliche Verhalten der Retarder unbekannt ist und sie im Bereich sehr hoher Achslasten nicht eben plausibel, sondern zu ungünstig erscheint. Das lässt sich ohne gezielte Messung nur indirekt aus dem Verhalten von Abläufen ableiten, die aus ihrer „Trompete“ ausbrechen. Immerhin wird mit dem neuen Rechnersystem ein Zugriff auf das wirkliche leichter möglich sein als bisher.

Die Funktion so, wie sie Bild 2 zeigt, ist für den vorliegenden Zweck zu relativieren: 100 %der Laufgeschwindigkeit werden demnach bei MAGA = 14,2 t erreicht.

Wird für diesen Punkt FA = 1.00 gesetzt, dann können mit Hilfe der beiden anderen im Diagramm angegebenen Punkte (MAGA = 4,00 t, V = 3,85 m/s und MAGA = 22,5 t, V = 4,45 m/s) die Koeffizienten eines Polynoms 2. Grades bestimmt werden:

**V = 3,6467 + 0,05409 \* MAGA – 0,0008172 \* MAGA2**

Damit ergibt sich der eigentlich Multiplikationsfaktor zu:

###### FA(AG) = V / 4,25

### Funktion FD(D)

Die Funktion FD(D) wurde von Siemens Transportation Systems 2004 angegeben (vgl. Bild 2) und zwar in relativer Form. Sie ist im Wesentlichen geometrisch bedingt. Für die vorliegende Ausarbeitung wurde der Nullpunkt bei D = 920 mm gesetzt. Das entspricht dem häufigsten Raddurchmesser im Neuzustand, mit einem Spurkranz von 30 mm. Der Faktor für den Norm-Hub von 80 mm ergibt sich zu:

**FD = (100 - 0.06469\* (920 - D) - 0.000036208 \* (920 – D)2 ) / 100**



***Bild 2: Schaltgeschwindigkeit als Funktion des Laufkreisdurchmessers***

Bei Abweichung vom Norm-Hub von 80 mm sind die Koeffizienten im Bremsenkatalog entsprechend anzupassen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| eff. Retarder-Hub | Koeffizient C0 | Koeffizient C1 |
| 40 mm | -0.056619 | -2.6759E-05 |
| 60 mm | -0.060355 | -3.1250E-05 |
| **80 mm** | **-0.064689** | **-3.6208E-05** |
| 100 mm | -0.069086 | -4.3110E-05 |
| 120 mm | -0.074262 | -5.0511E-05 |
| 140 mm | -0.079889 | -5.9944E-05 |
| 160 mm | -0.086096 | -7.1707E-05 |
| 180 mm | -0.092997 | -8.6518E-05 |

### Schluss

Während die Funktion VS = VS(D) im möglichen Bereich zuverlässig angegeben werden kann (wenn einmal von unterschiedlichen Spurkranzhöhen abgesehen wird), gilt das für die Funktion VS = VS(MAGA) nicht.

Der im Bild 1 angegebene Verlauf könnte den Schluss nachlegen, dass die Laufgeschwindigkeit für zB. MAGA = 25 t nur „unwesentlich über der für 22,5 t liegt, mithin ohne weiteres zulässig sein sollte.

Zwar bedeutet die Zunahme des Geschwindigkeit von 4,45 m/s bei 22,5 t auf 4,49 m/s bei 25 t in der Tat nur etwa 1%, jedoch eine solche des Energieeinhaltes von etwa 13 %.

Was zu unternehmen wäre, wenn Achslasten von bis zu 25 t regelmäßig zugelassen werden sollen, kann in Rahmen dieser Untersuchung nicht gesagt werden. Anhand des Bremsabschnittsplanes müsste eruiert werden, wo in der Weichenzone noch zusätzliche Retarder eingebaut werden können, um bestmöglich zu vermeiden, dass überschwere Abläufe bereits in der Weichenzone unzulässig beschleunigen und das Arbeitsvermögen der Verzögerungszone nicht mehr ausreicht. Solche zusätzlichen Retarder verschlechtern andererseits angesichts des vermehrten Leerlaufwiderstandes das Laufverhalten vor allem leichter Abläufe uU. beträchtlich, so dass GS - Läufer vielleicht schon in der Verteilzone verzögern würden, im Prinzip also die Berghöhe vergrößert werden müsste.

Es dürfte zweckmäßig sein, das Problem getrennt zu behandeln, wobei ohne Versuche kaum auszukommen sein wird.

### ‚Hemmschuh’-Bremsen (Bremse Code A)

Der Bremse Code ***A*** wird dazu verwendet um eine *'Hemmschuh'-Bremse* zu simulieren.

Es ist Sache des Hemmschuhlegers, den Bremsweg auf dem (den) Hemmschuh(en) einzuschätzen. Dies ist relativ schwierig, da der Bremsweg s von vielen Faktoren abhängig ist, wie die folgende Formel für zwei Hemmschuhe (je einer pro Schiene, Wagenachse wird blockiert und gleitet auf den zwei Hemmschuhen) zeigt:

**s = (v02 / (2\*g')) \* (mtot / (m1\*μ + mtot\*N/1000))**

mit:

* **s**: Bremsweg [m]
* **v0**: Anfangs-Geschwindigkeit des Ablaufs [m/s]
* **g'**: reduzierte Erdbeschleunigung [m/s2]
* **mtot**: Gesamtmasse des Ablaufs [kg]
* **m1**: Masse der ersten Ablaufachse [kg]
* **μ**: Reibungskoeffizient Hemmschuh auf Schiene [-] (ca. 0.1 für Stahl auf Stahl)
* **N**: Neigung des Gleises [-]

Folgende Kriterien sind typisch für den Bremsentyp 'Hemmschuh':

* Die Bremskraft wirkt nur an der ersten Achse
* Auf den Ablauf wirkt eine konstante Kraft bzw. Verzögerung (abhängig vom Gewicht der 1. Achse)
* Die "Länge" der 'Hemmschuh'-Bremse ist nicht im Voraus bekannt; sie entspricht dem Bremsweg.
* Der Ablauf wird bis zum Stillstand gebremst, darf dann aber wieder weiterrollen, sofern die auf ihn wirkenden Kräfte dies erlauben (der Hemmschuh wird nach dem Bremsen wieder entfernt).

Daraus folgt, dass nur der Reibungskoeffizient **μ** von Interesse istund deshalb wird er als einzige Eingabe im Bremsenkatalog verlangt. Im Feld "Name" ist in der ersten Stelle **A** als Bauartcode der 'Hemmschuh'-Bremse einzugeben. Die zweite Stelle des Bauartcodes ist immer eine 1, da nur das Gewicht der ersten Achse relevant ist.

Im Register "Bremsen" braucht man nur den Ort einzugeben, wo der Hemmschuh aufgelegt wird. Dieser wird als untere Abschnittsgrenze **Xu** [m]eingegeben. Die Abszisse des Einschaltpunktes **Xein** [m] und die obere Abschnittsgrenze **Xo** [m] sind irrelevant. Die Auslaufgeschwindigkeit beträgt immer 0 (Stillstand). Die relative Bremskraft ist normalerweise 100%, doch können auch andere Werte eingegeben werden. Das Register Leerlaufkraft wird nicht verwendet für die 'Hemmschuh'-Bremse.

Die Bremskraft wird berechnet nach der Formel

**Fb = G(1) \* 1000 \* μ**

mit **G(1)** - Achslast der ersten Achse der Wagegruppe [t]. Die entsprechende Beschleunigung wird nach folgender Formel ermittelt

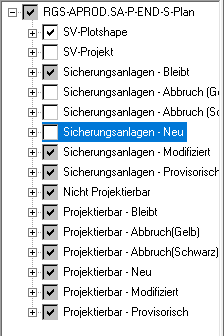
**bh = G(1) \* 1000 \* μ / Sg / Fmq**

mit

* **Fmq-** maßgebendes Koeffizient der rotierenden Masse [-],
* **Sg -** total Masse der Wagengruppe [kg].

## Wirkzonen

Die Wirkzonen werden aus dem SA-P-END-S-PLAN erfasst. Dort sind die Kontakte am den Schienen als Symbole eingezeichnet.



Aus den Eingabedaten der Anlage, wie sie in den Abschnitten 1.2 Neigungen bis 1.8 Bremsbauarten beschrieben sind, wird eine **„Strecke“** gebildet. Sie erhält einen geeigneten Namen, der in abgekürzter Form den Namen des Rangierbahnhofs sowie Start- und Zielgleis enthalten soll.

Danach können noch Weichen- und sonstige Wirkzonen durch ihren Ein- und Auslaufkontakt (ihre Isolierstösse) definiert werden, in denen sich im Hinblick auf die Weichen- und Gleisbremsensteuerung jeweils nur 1 Ablauf befinden darf. Mit ihnen werden die „Sperrdreiecke“ gezeichnet. Die Haupttabelle enthält den Variantennamen und die Zahl der Abschnitte.

***Variante/ Name*** - als Variantenname kann z.B. wieder der des Längsprofils genommen werden.

***Nwirk***  [-] (Zahl der Wirkzonen) - es ist normalerweise die Zahl aller Weichen- und Bremswirkzonen anzugeben.

### Wirkzonenabschnitte (Subtabelle)

***Nwirk*** [-] (laufende Nummer) - die laufende Nummer des Abschnitts wird programmgesteuert gesetzt.

***Xu, Xo*** [m] (Abszisse des Einlauf- bzw. Auslauf-Achszählers) - es sind die wie üblich auf den Ablaufberggipfel bezogenen Abszissen anzugeben. Ist der Auszähler einer Wirkzone gleichzeitig Einzähler der folgenden, so ist deren Abszisse, ähnlich wie bei den Neigungen, je einmal als Auszähler und Einzähler, anzugeben.

## Abdrückgeschwindigkeit, Schrittweite, Laufweg sowie Iterationsgenauigkeit

Die Streckendaten werden mit den Daten des Ablaufs und einigen allgemeinen Daten zur **„Probe“** zusammengefasst. Die allgemeinen Daten der Simulation, die nun noch eingegeben werden müssen, sind: Abdrückgeschwindigkeit, Laufweg, Schrittweite und Iterationsgenauigkeit.

***Vab*** [m/s] (Abdrückgeschwindigkeit) - die Abdrückgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Berglokomotive den Ablauf über den Berggipfel schiebt, bis die beschleunigenden Kräfte die Widerstände übersteigen und der Ablauf sich vom Restzug ablöst.

Bei langen Abläufen mit ungleichmäßiger Massenverteilung kann es zu mehrmaligem Ablösen und dazwischen zum Wiederaufpuffern auf den Restzug kommen.

Die Simulation von Anlaufen aus dem Stillstand (*Vab = 0.0*) ist nur dann sinnvoll, wenn die beschleunigenden Kräfte schon beim Startpunkt überwiegen (Gefällsanlage).

***Lfwg*** [m] (Laufweg) - der Laufweg kann als Teil des totalen Laufwegs gewählt werden. Das ist dann sinnvoll, wenn der totale Laufweg bereits im Hinblick auf lange Abläufe definiert wurde, zunächst aber kürzere simuliert werden sollen.

***Ddx*** [m] (Schrittweite) - das Programm ist so ausgelegt, daß mit einer Schrittweite von 1 bis 3 die üblicherweise vorkommenden Laufwege erfasst werden können. Die Anzahl Rechenschritte ist auf 3000 begrenzt.

Eine kleine Schrittweite steigert die Rechengenauigkeit bis zu einem gewissen Grad und reduziert die Zahl der Iterationen bei der Integration. Die Schrittweite darf größer als die kürzeste vorkommende Gleisbremse sein (Überdeckungsfall), s. dort. Als Normalfall kann eine Schrittweite von 2.00 oder 1.00 m angesehen werden.

***Q*** [m/s] (Iterationsgenauigkeit) - die Genauigkeit, bis zu der bei der Integration die Geschwindigkeit iteriert wird, kann frei gewählt werden. Damit die Geschwindigkeit sicher auf 0.01 m/s genau integriert wird, sollte für *Q* kein größerer Wert als 0.001 angesetzt werden. Große verlangte Iterationsgenauigkeit vergrößert die Rechenzeit meist unnötig.

Wird die Iterationsgenauigkeit irrtümlich oder nicht, mit 0.0 oder negativ angegeben, dann wird vom Programm Q = 0.0001 gesetzt.

# DATENEINGABE, SONDERFÄLLE

Das Programm ist so aufgebaut, daß alle normalerweise vorkommenden Fälle der Ablaufdynamik ohne weiteres simuliert werden können. Für einige Sonderfälle, bei denen die Dateneingabe u.U. Schwierigkeiten bereiten könnte, sind in diesem Teil **ohne Anspruch auf Vollständigkeit**  einige Hinweise gegeben.

## Abdrückgeschwindigkeit gleich null („Anlauf“)

Das Anlaufen aus dem Stillstand ist im Programm vorgesehen. Die Dateneingabe ist völlig normal, nur *Vab* ist gleich Null zu setzen. Voraussetzung ist, daß die Anlage ein Anlaufen aus dem Stillstand überhaupt zuläßt, daß es sich also z.B. um eine Gefällsanlage handelt.

Wird für die Ablaufanlage eines normalen Flachbahnhofs *Vab* aus Versehen gleich null gesetzt, dann verschiebt das Programm den Ablauf so lange in Ablaufrichtung nach vorn, bis die beschleunigenden Kräfte den verzögernden das Gleichgewicht halten (Ablösenpunkt). Von diesem Punkt an erfolgt dann das Ablaufen mit der Geschwindigkeit V = 0.

## Ausschalten von Gleisbremsen uä

Gleisbremsen und Fördereinrichtungen werden ausgeschaltet, indem die relative Bremskraft, gegebenenfalls auch der relative Leerlaufwiderstand gleich null gesetzt wird.

## Geschwindigkeitsabhängiger Rollwiderstand

Im Programm ist eine Abhängigkeit des Rollwiderstandes von der Geschwindigkeit nicht vorgesehen, weil praktisch alle Güterwagen heute Rollenlager haben.

Soll, z.B. für einen Wagen mit eng eingestellten Bremsklötzen, der vielleicht vorzeitig in der Ablaufanlage stehen geblieben ist, trotzdem eine gewisse Abhängigkeit des Rollwiderstandes von der augenblicklichen Geschwindigkeit berücksichtigt werden, dann ist wie folgt vorzugehen:

Man berechnet als erste Näherung die Geschwindigkeits/Weg-Linie des Ablaufs mit einem üblichen, konstanten Rollwiderstand. Dann setzt man in den Bereichen „kleinerer“ Geschwindigkeiten den relativen Rollwiderstand höher als 100 %. Man iteriert so lange, bis die Simulation dem vielleicht punktweise bekannten Verhalten des Wagens entspricht (Auslaufgeschwindigkeiten aus den Gleisbremsen, Stillstandspunkt).

## Simulation ohne Wind

Soll ohne Luftwiderstand infolge Wind simuliert werden, so ist die Windgeschwindigkeit gleich Null zu setzen. Die Funktion *ct* ist entsprechend dem Typ des Ablaufs einzugeben, ebenfalls die Stirnfläche.

## Simulation ohne Wind und ohne Fahrwind

Soll ganz ohne Luftwiderstand, auch ohne den infolge Fahrwind, simuliert werden, dann sind Stirnfläche und Windgeschwindigkeit gleich null zu setzen. Die Funktion *ct(alpha)* ist anzugeben, eventuell mit dem Wert 0,00 für alle Stützstellen.

## Verändern der Windrichtung

Eine direkte Veränderlichkeit der Windrichtung während des Ablaufens ist nicht vorgesehen. Nur der Fall, daß der Wind genau um 180° umspringt, kann durch Eingeben negativer relativer Windgeschwindigkeiten simuliert werden. Zusammen mit stark vergrößerten Absolutwerten der relativen Windgeschwindigkeit, z.B. 1000%, lassen sich auf diese Weise Wirbelwind-Böen simulieren.

Soll (aus welchen Gründen auch immer) die Windrichtung während des Ablaufes kontinuierlich verändert werden, dann kann folgendermaßen vorgegangen werden:

Die Windrichtung beeinflußt den Luftwiderstand über den Beiwert *ct*. Eine Veränderung der Windrichtung läuft also auf eine Veränderung des Wertes von *ct* hinaus. Beim Verändern der Funktion *ct* ist zu beachten, daß diese vom relativen Anblaswinkel abhängt, ferner, daß die Geschwindigkeit mit dem Quadrat eingeht.

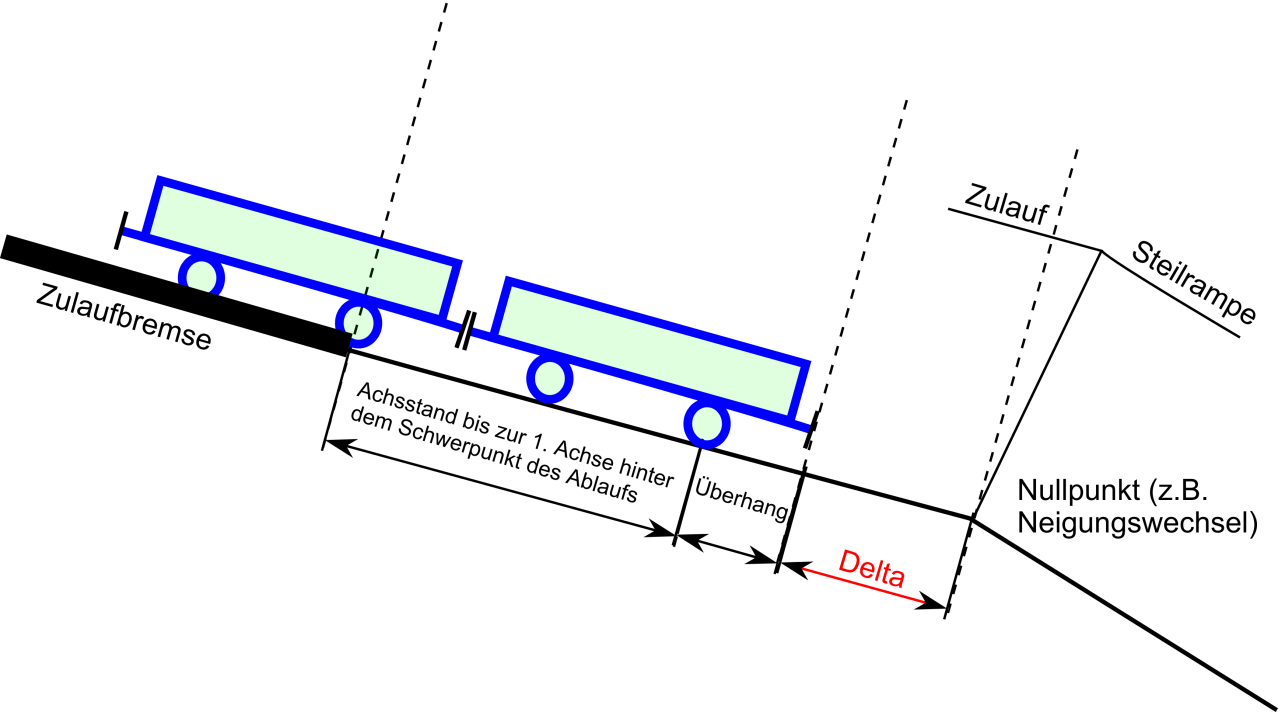
Für ein Verändern des Luftwiderstandes durch Ändern der Windrichtung kann natürlich auch der relative Luftwiderstand verwendet werden.

*Mann sollte sich darüber im klaren sein, dass die einen Ablauf in der Wirklichkeit beeinflussenden Windverhältnisse kaum sehr genau messbar sind, mithin Simulationen mit veränderter Windrichtung und –geschwindigkeit nur sehr begrenzten Wert haben.*

## Gefällsanlagen

### 2.7.1 Bestimmen des Gipfels

In Rangierbahnhöfen, bei denen die Einfahrtgruppe im Gefälle liegt, gibt es keinen echten Berggipfel: Die Abläufe beginnen ihren freien Ablauf entweder, wenn sie mit ihrer letzten Achse aus der Zulaufbremse laufen oder wenn diese löst (z.B. wenn die Schwerpunktsachse die Bremse verläßt o.ä.). In solchen Fällen muß dieser Punkt, bezogen auf den vorderen Puffer, als künstlicher Gipfelpunkt definiert werden. Weil er offenbar von den Abmessungen des Ablaufs und der Lage der Zulaufbremse abhängt, muß letzten Endes jeder Punkt als Gipfelpunkt definiert werden können. Um zu vermeiden, daß der Nullpunkt der Neigungen ständig neu festgelegt werden muß und infolgedessen die Abszissen der Neigungen, Gleisbögen usw. ständig ändern, kann ein passender Punkt als Nullpunkt angenommen und – je nach Ablauf – ein beliebiger Punkt als Startpunkt („Gipfel“) festgelegt werden, z.B. wie es das folgende Bild zeigt. Dabei dürfen auch negative Werte für den Startpunkt vorkommen:



Delta = Ende ZB – ( ∑ Achsstände + Überhang )

### 2.7.2 Zulaufdaten eingeben

Die Daten für den Zulaufbereich können in der gleichen Art eingeben werden. Es gibt aber keine Möglichkeit eine Simulation über den Zulauf- und Ablaufbereich zu simulieren. Deshalb ist es zweckmässig den Zulauf in einer eigenen Datenbank zu erfassen. Wenn nicht, muss für die Zulaufsimulation der Laufweg auf den Zulaufbereich beschränkt werden. Dies kann z.B. in einem eigenen Projekt erfolgen. Der Nullpunkt der Abszisse wird am besten wie bei konventionellen Anlagen beim Bergkontakt gesetzt. Dieser befindet sich am Ende der unteren Zulaufbremse.

## Umwandlung von alten Accessdatenbanken

Alte Datenbanken können mit dem Hilfsprogramm Ablaufberg Konvertierungtool geöffnet und als XML (\*.abl) abgelgt werden.

