

## Präzisierungen zu SonArms Rasterfragen.doc

20. Okt. 2021: Erstversion 1.0

29. Okt. 2021: Version 1.1 (Fels- und Waldreflektoren)

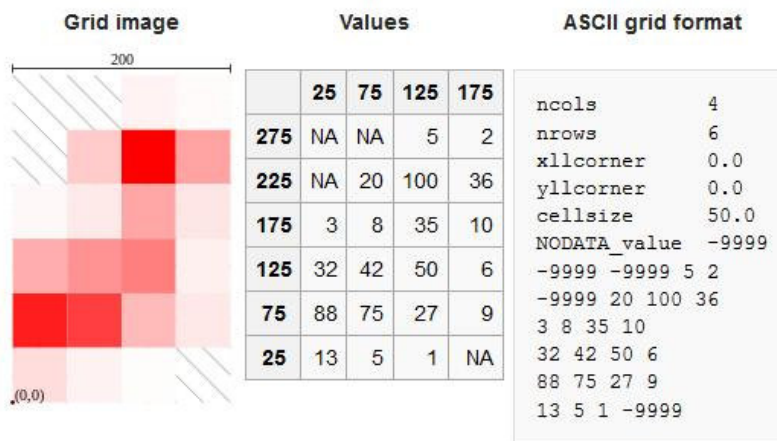
03-Dez-2021: Version 1.2 (GridWidthRock und GridWidthForest heissen neu RockGrid und ForestGrid)

Dieses Dokument präzisiert, wie sonArms mit diversen Daten in Rasterform umgeht. Das betrifft die Definition der Topographie, die Definition der Bodenbedeckung, die interne Erzeugung von Fels- und Waldreflektoren und die Ausgabe von Lärmkarten.

### 1. Terrain

#### 1.1. Terrain-Definition

Das Terrain ist gegeben durch zahlreiche Höhenpunkte, die in einem rechteckigen Gebiet zum xy-Raster gehören. Das Terrain steht dem Rechenkern als Textinput zur Verfügung. Diese Datei folgt weitgehend dem ESRI Grid Standard und besteht aus einem mehrzeiligen Header gefolgt von vielen Höhenwerten:



(Bild aus Wikipedia)

Die Werte stehen für einen Datenpunkt in der jeweiligen *Zellenmitte*. Das Wort „Fusspunkt“ bzw. die x- und yllcorner Koordinaten stehen für die linke untere Ecke, nicht für die Zellenmitte der Eckzelle.

SonArms versteht für das Terrain den Dateihheader wie folgt:

Bezeichner	Bedeutung	SonArms erwartet
ncols	Anzahl Kolonnen	ganze Zahl
nrows	Anzahl Zeilen	ganze Zahl
xllcorner	x-Koordinate der linken unteren Ecke	ganze Zahl oder Dezimalbruch
yllcorner	y-Koordinate der linken unteren Ecke	ganze Zahl oder Dezimalbruch
cellsize	Seitenlänge der quadratischen Zelle	ganze Zahl
NODATA_value	Der Wert signalisiert „kein Datenpunkt“	ganze Zahl
.....	Reihe von Höhenwerten	ganze Zahl oder Dezimalbruch *

Dezimalbrüche dürfen ein Dezimalkomma oder einen Dezimalpunkt enthalten.

\* Eindimensionale Sequenz von Höhenwerten; Textumbruch spielt keine Rolle.

„NA“ versteht der Rechenkern nicht.

#### 1.2. Randbemerkung zu einigen geäusserten Verdachtsmomenten

Am Ostrand und am Südrand des Gebietsrechtecks wird (im Rechenkern und auch im GUI) intern je ein Duplikat der benachbarten Höhenwerte angehängt. Das hat wiederholt zu Befürchtungen geführt, dass die ESRI Grid Informationen falsch interpretiert würden. Das wurde überprüft. Sie werden richtig interpretiert, so wie oben beschrieben. Aktuell getestet wurde: GUI V4.3.0, SonArms V5.3.0, SonX V6.3.0 (aber Vorgängerversionen laufen diesbezüglich gleich)

Die duplizierten Ränder sind historisch bedingt. Denn ursprünglich wurde das „Lowerleftcenter“ Prinzip implementiert (Dhm Terrain im 25 m Raster). Das heisst, die eingelesenen Höhenwerte stehen für eine Position (x, y), die durch das Gitter definiert sind, das beim Rand beginnt. Um in dem Fall einen Gebietsrand rechts und unten zu haben, braucht es einen zusätzlichen abschliessenden Gitterrand. Es braucht demzufolge eine Gitter-Position mehr als es Abstände hat. Dieses Prinzip wurde in den Anfangszeiten von sonX in einer Maschinerie implementiert, die intern auf einem eindimensionalen Array basiert. Die Implementation ist etwas trickreich, aber sie funktioniert schnell.

Bereits vor Jahren wurde auf das „Lowerleftcorner“ Prinzip mit ESRI Grid Terrain umgestiegen, wo es keine Randwerte gibt. Denn für einen linken unteren Eckpunkt (x, y) eines Rasterquadrates wird nicht der Höhenwert an der Stelle (x, y) definiert, sondern der Höhenwert an der Stelle (x+d, y+d) mit  $d = \frac{1}{2}$  Maschenweite des Gitters. Dadurch sind nur so viele Positionen nötig, als es Abstände bzw. Zellen hat.

Es war nicht nötig, die bestehende schnelle Maschinerie wegen dieser Änderung umzubauen. Es war einzig notwendig, den nicht vorhandenen Rand wie oben angegeben als Pseudoinformation der Maschinerie durchzugeben und die Koordinaten umzurechnen. Die Randduplikate stören aber nirgends, zumal am Gebietsrand sowieso keine Berechnungen durchgeführt werden dürfen. Das ist nicht sehr schön, hat aber Arbeit eingespart. SonArms berechnet Höhenwerte aus den Topographieinputs wie erwartet.

---

Merke: Der Terrainfusspunkt ist nicht nur für das Terrain gültig. Sondern auch für die Bodenbedeckung, für Fels- und Waldreflektoren. Er hat indirekt sogar einen kleinen Einfluss auf die Rasterpunkt-Positionen der ausgegebenen Lärmkarte. Mehr dazu in den folgenden Abschnitten.

---

## 2. Bodenbedeckung

Es gibt drei Dateiformate, um den Rechenkern mit Bodenbedeckungsdaten zu versorgen:

Polygonobjekte	Text	([Boden].txt)	Flächen mit Bodentyp	tiefe Priorität
Binäre Rasterdaten	Binär	([Boden].dat)	Punkte mit Bodentyp	mittlere Priorität
ESRI Grid Rasterdaten	Text	([Boden].asc)	Punkte mit Bodentyp	hohe Priorität

SonArms verwendet wenn möglich den Input mit der höchsten Priorität. Existiert eine Datei nicht, wird die Datei mit der nächsttieferen Priorität verwendet. Alle drei Typen müssen denselben Namen und entsprechende Endungen haben. Angegeben im .wlp Projekt wird nur die Polygonedatei ([Boden].txt). Der Kern sucht nach den verwandten Dateien.

Aus den Bodenbedeckungs-Polygonen erzeugt der Rechenkern intern das Modell einer Fläche mit Rasterpunkten. Das Raster ist normalerweise definiert durch den Parameter *TerrainTypeGrid*. Zusätzlich erstellt der Rechenkern die Binärdatei mit denselben Rasterpunkten. Bei einem nächsten Aufruf des Rechenkerns wird diese Datei anstelle der Polygone-Datei benutzt, was Zeit spart. Am schnellsten arbeitet der Kern in jedem Fall, wenn gleich zu Beginn eine ESRI Grid Rasterdatei ([Boden].asc) bereit gestellt wird.

Es wurde der Nachweis erbracht, dass die derart definierten .txt, .dat und .asc Bodenbedeckungsinputs im Rechenkern identische interne Rasterdaten und auch identische Endresultate bewirken.

## 2.1. Bodenbedeckungs-Polygone

Die Bodenbedeckungs-Polygone werden mit einer Textdatei ([Boden].txt) definiert in der Art wie nachfolgend exemplarisch mit zwei Polygonen gezeigt:

Bezeichner	Bezeichner	Bedeutung	SonArms erwartet
OBJECTID	DK_PflTyp	Header	Mindestens diese Headernamen *
A1	602	Objektname, Bodentyp	Zeichenkette, ganze Zahl, zum Header *
2730400	1270400	Koordinatenpunkt (x, y) **	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730600	1270400	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730600	1270600	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730400	1270600	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730400	1270400	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
END		Objektende	Zeichenkette
A2	603	Objektname, Bodentyp	Zeichenkette, ganze Zahl, zum Header
2730600	1270400	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730800	1270400	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730800	1270600	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730600	1270600	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
2730600	1270400	Koordinatenpunkt (x, y)	Ganze Zahlen oder Dezimalbrüche
END		Objektende	diese Zeichenkette
END		Ende der Objektliste	diese Zeichenkette

\* Weitere beliebige Headernamen und Datenfelder sind zulässig. SonArms ignoriert diese Daten.

\*\* Zulässig sind LV95 oder LV03 Koordinaten. Ein Mischung beider Arten im ganzen Projekt ist möglich, wenn Koordinaten-Fehler bis 1.5 m in Kauf genommen werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, entweder ganz LV95 oder ganz LV03 Koordinaten zu benutzen.

Das GUI benötigt immer die Polygonedatei, für die Anzeige der Bodenbedeckungsgrenzen. Die Datei darf ab SonArms Version 5.2.1 null Polygone enthalten (muss den Header enthalten). In dem Fall werden im GUI aber auch keine Bodenbedeckungen angezeigt.

Merke: Der Fusspunkt des internen Rasters ist gleich dem Fusspunkt des ESRI Grid Terrains.  
Die Rasterpunkte der Bodenbedeckung beginnen mit dem *Rand des Terrains*.  
Die Maschenweite des Rasters ist definiert durch den Parameter *TerrainTypeGrid*.

## 2.2. Binäre Rasterdaten der Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung-Rasterdaten werden mit einer Binärdatei ([Boden].dat) dem Rechenkern bereit gestellt. Der liest sie ein (sofern sie vorhanden ist und keine ESRI Grid Rasterdatei vorliegt). Ab dem zweiten Aufruf des Rechenkerns mit derselben Polygonedatei tritt dieser Fall ein. Der Rechenkern hat beim ersten Einlesen der Bodenbedeckungs-Polygone diese Datei erzeugt.

Es muss immer auch eine Polygonedatei vorliegen. Ab Version 5.2.1 darf die Polygonedatei null Polygone enthalten, wenn Rasterdaten vorliegen.

Vorsicht: Versionen vor 5.2.1 erzeugen in dem Fall keine Fels- und Waldreflektoren und geben auch keine Warnung dazu aus!

Merke: Der Fusspunkt des internen Rasters ist gleich dem Fusspunkt des ESRI Grid Terrains.  
Die Rasterpunkte der Bodenbedeckung beginnen mit dem *Rand des Terrains*.  
Die Maschenweite des Rasters ist definiert durch den Parameter *TerrainTypeGrid*.

## 2.3. ESRI Grid Rasterdaten der Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung-Rasterdaten werden mit einer ESRI Grid Textdatei ([Boden].asc) dem Rechenkern bereit gestellt. Es ist dasselbe Format wie für das Terrain, nur sind hier anstelle von Höhenwerten ganzzahlige Bodentyp-Referenznummern aufgeführt. Diese Möglichkeit wurde ab ca. Version 4.4.0 vom Okt-2017 zusätzlich zu den andern beiden Varianten neu eingeführt.

Infolge der Einführung dieses Inputs für die Bodenbedeckung sind folgende Vorgabewerte überbestimmt:

- **cellsize** gibt die Rasterweite vor, ebenso tut dies der Parameter **TerrainTypeGrid**.  
Lösung: **cellsize überschreibt intern den Parameter TerrainTypeGrid für das ganze Projekt.**  
Eine Meldung wird in die Logdatei geschrieben.  
Ab SonArms V5.2.4 arbeitet diese Lösung konsistent.
- **xllcenter** und **yllcenter** geben den Fusspunkt vor, ebenso der **Terrain-Fusspunkt**.  
Lösung: **Die Fusspunkte der Bodenbedeckung und des Terrains müssen identisch sein.**  
SonArms erzwingt dies ab Version 5.3.0.

Durch die dermassen erzwungenen Bedingungen sind in allen drei Fällen (.txt, .dat und .asc Inputs) die internen Datenstrukturen und auch die Resultate der Ausbreitungsrechnungen identisch.

---

Merke: Der Fusspunkt der Bodenbedeckung muss gleich dem Fusspunkt des ESRI Grid Terrains sein.  
Das Raster ist im ganzen Projekt definiert durch *cellsize* anstelle von *TerrainTypeGrid*.

---

### 3. Fels- und Waldreflektoren

Das Raster der Fels- und Waldreflektoren basierte bis SonArms V5.3.0 auf einem Vielfachen des Bodenbedeckungs-Rasters *TerrainTypeGrid*. Die Waldreflektoren sind im Extremfall bis zu einem Feinheitsgrad des Bodenbedeckungs-Rasters herunter erzeugt worden. Das ergab Resultate, die bei 5 m Bodenbedeckungs-Raster stimmig waren, nicht jedoch für andere Raster.

Ab SonArms V5.3.2 wird das Raster der Reflektoren direkt festgelegt, als ganze Zahlen. Es ist in erster Linie unabhängig vom Bodenbedeckungs-Raster. (In zweiter Linie ist es das noch, weil die Boden-Information aus der gerasterten Bodenbedeckungsinformation ausgelesen werden muss, sodass Interferenzmuster entstehen können.)

#### 3.1. Neue Parameter

Alle SonX Programme verlangen ab V5.3.9 (= neu) folgende Parameter:

*RockGrid* definiert die feinste Rastereinheit für Fels (bisher üblich 5 m)

*ForestGrid* definiert die feinste Rastereinheit für Wald (bisher üblich 5 m)

Beide dürfen frei gewählt werden, d.h. sind unabhängig von *TerrainTypeGrid* (bzw. *cellsize* bei ESRI Grid Terrain).

#### 3.2. Frühere und neue Parametervorgaben

Die früheren forest Parameter vor V5.3.2 sind sinngemäss wie bisher wirksam, indem sie vom Feinraster ausgehen. Nur übernehmen die neuen Feinrasterparameter für Fels- und Waldreflektoren (*RockGrid*, *ForestGrid*) die Rolle von *TerrainTypeGrid*:

<i>RockGrid</i>	(5 m)	Fein-Rastereinheit für Fels
<i>RasterRatioRock</i>	(10)	Felsreflektoren-Raster = <i>RockGrid</i> x <i>RasterRatioRock</i>
<i>ForestGrid</i>	(25 m)	Fein-Rastereinheit für Wald
Hart codiertes Verhältnis	1..16	Waldreflektoren-Raster = <i>ForestGrid</i> x (1..16)
<i>ForestReflectors_Reduction</i>	(3)	Reduktionsfaktor für Waldreflektoren

In Klammern stehen die für 'engineering' passenden Standardwerte (Stand 03-Dez-21). Für Fels wird neu mit 50 m = 5 m x 10 ein gröberes Felsreflektoren-Raster (bisher 5 m x 5) vorgegeben. Für Wald wird neu mit 25 m ein gröberes Feinraster (bisher 5 m) vorgegeben. Beides spart Rechenzeit. Eventuell werden diese Vorgaben noch angepasst.

## 4. Lärmkarten

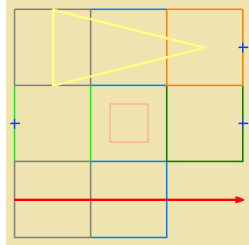
### 4.1. Definition von Lärmkarten

Lärmkarten werden im .wlp Projekt durch ein Polygon definiert. Beispiel:

```

****Lärmkarte
"Name"  Testlärmkarte"
#"Bemerkung"  ""
"Raster"      60
"HüBoden"     4
"Koor"       3
          2730500 1271000
          2730500 1270800
          2730900 1270900

```



Die Koordinaten oben links bezeichnen ein frei wählbares Umriss-Polygon, das automatisch geschlossen wird. Im Bild oben rechts ist es das gelbe Dreieck. Das Empfangspunkteraster ist im Beispiel = 60 m. Hier wird kein Kartenfusspunkt definiert.

### 4.2. Warum das Lärmkartenraster ein Vielfaches des Bodenbedeckungsrasters sein muss

Auf der logischen Ebene wäre das Raster unabhängig von den übrigen Rastern im Projekt. Etwa so wie auch Empfangspunkte für die Punkt-Ausbreitungsrechnung beliebig gesetzt werden dürfen. Jedoch verwendet der Rechenkern die Raster-Speicherung der Bodenbedeckungsinformationen (in unserem Beispiel 30 m Raster), um Koordinatenpunkte zu berechnen. Das hat den Nachteil, dass das Lärmkartenraster ein Vielfaches des Bodenbedeckungsrasters sein muss. Das war und ist kein bekanntes Problem, weil die Empfangspunkte immer ein größeres Raster haben als die Bodenbedeckung. (Diese Eigenschaft kann als unnötiger Stolperstein gesehen werden. Auf Wunsch lässt sich der beheben.)

### 4.3. Lärmkarten in .wlm Dateien

SonArms erzeugt für die Resultate der Immissionsberechnung je eine separate .wlm Datei für die LAE- und für die LAFmax Werte. Eine Lärmkarte wird darin wie folgt dargestellt (LAE Resultatbeispiel für die oben definierte Karte, pro Quelle eine Karte):

```

*****Lärmkarten
"N"      1

****Lärmkarten
"KoordW"  2730510.0
"KoordN"  1270990.0
"KoordO"  2730750.0
"KoordS"  1270810.0
"SizeX"   5
"SizeY"   4
"Grid"    60
"HÜB"     4.0
"Karten"  1
"Quelle"   Q1"
"Karte"   20
          701   -1000   -1000   -1000   -1000   724   725   774   729   662
          751   796   787   698   641   772   -1000   -1000   -1000   -1000

```

Die ausgegebenen Koordinaten (Koord...) geben ein Rechteck wieder. Es ist das allen Empfangspunkten umschriebene Rechteck, Punkte auf dem Rand inbegriffen. Mit andern Worten sind es die Extremkoordinaten aller ausgegebenen Immissionspunkte, in allen vier Himmelsrichtungen.

Die Lärmkarte (Karte) gibt die Immissionswerte in Bel (1/10 dB) als ganze Zahlen aus. Punkte, die ausserhalb des im Projekt vorgegebenen Vielecks liegen, erhalten den Wert -1000. Die Reihe beginnt mit dem ersten Immissionspunkt im Nordwesten und endet mit dem letzten Immissionspunkt im Südosten. Der Zeilenumbruch in der Resultatdatei ist nur für die Lesbarkeit, spielt sonst keine Rolle.

Bei unserem Beispiel unter 4.1 ist die linke untere Ecke des Polygons bei (2730**500**, 1270**800**). Beim Resultat im Bild oben liegt die linke untere Ecke des umschriebenen Rechtecks beim äussersten Immissionspunkt, bei (KoordW = 2730**510**, KoordS = 1270**810**). Dieser Punkt liegt innerhalb des Polygons und folgt dem Bodenbedeckungsraster (30 m), was die 10 m Abstand vom ursprünglich definierten Gebietsrand erklärt. (Denn der Terrainfusspunkt ist bei (2730**000**, 1270**000**) und 510 m bzw. 810 m sind durch 30 m teilbar und innerhalb des Polygons.)

---

Wichtig: Der Fusspunkt der Rasterfläche ist gleich dem Fusspunkt, gebildet aus (KoordW, KoordS). Die Rasterpunkte der Immissionspunkte sitzen u.a. auch auf den Rändern der ausgegebenen Extremkoordinaten (und nicht wie beim Terrain in den Zellenmitten)!

---

#### 4.4. Lärmkarten in .txt Dateien

Ein andere Darstellungsform für Lärmkarten existiert in Form der .txt Detailresultate. Diese Datei wird nur erzeugt, wenn der Schalter *ArmsWriteDetailsR* = 1 ist. Darin werden für jeden Punkt die Immissionswerte LAE und LAFmax Wert angegeben. Es kommen meistens mehrere Quellen darin vor. Für unser unter 4.1 dargestelltes Beispiel ergibt sich:

Empf_X	Empf_Y	Quelle	Waffe	LAE	LAFmax
2730510	1270990	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	70.1	79
2730510	1270930	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	72.4	81.1
2730570	1270930	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	72.5	81.2
2730630	1270930	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	77.4	86.4
2730690	1270930	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	72.9	81.6
2730750	1270930	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	66.2	75.2
2730510	1270870	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	75.1	83.8
2730570	1270870	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	79.6	88.3
2730630	1270870	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	78.7	87.2
2730690	1270870	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	69.8	78.5
2730750	1270870	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	64.1	73
2730510	1270810	Q1	STGW90*(5.6MMGWPAT90)	77.2	85.8

Die Punkte ohne Resultate (mit Werten -1000) fehlen in dieser Darstellung. Die Zeilen zeigen explizit die Punktkoordinaten und Immissionswerte. Die Punktkoordinaten sind nur hier direkt ersichtlich, nicht in der .wlm Darstellung.

#### 4.5. Beurteilungspegel-Lärmkarten in .txt Dateien

Das Programm zur Berechnung der Beurteilungspegel, SonArmsLr, erzeugt aus den .wlm Lärmkarten der Immissionberechnung seine Lärmkarten mit den Beurteilungspegeln. Sie folgen dem ESRI Grid Standard, so wie er für das Terrain benutzt wird. Unser Beispiel ergibt:

```
ncols      5
nrows      4
xllcorner  2730480.0
yllcorner  1270780.0
cellsize    60
NODATA_value -100
86.0 -100.0 -100.0 -100.0 -100.0
88.1 88.2 93.4 88.6 82.2
90.8 95.3 94.2 85.5 80.0
92.8 -100.0 -100.0 -100.0 -100.0
```

Der ESRI Grid Fusspunkt ist laut dem Header = (2730480, 1270780). Für das Fusspunkt-Quadrat liegt somit der Immissionwert beim Punkt = (2730480 + ½ d, 1270780 + ½ d) = (2730480 + 30, 1270780 + 30) = (2730510, 1270810). Das ist genau der letzte Punkt oben (Abschnitt 4.4) in der Liste der Immissionswerte.