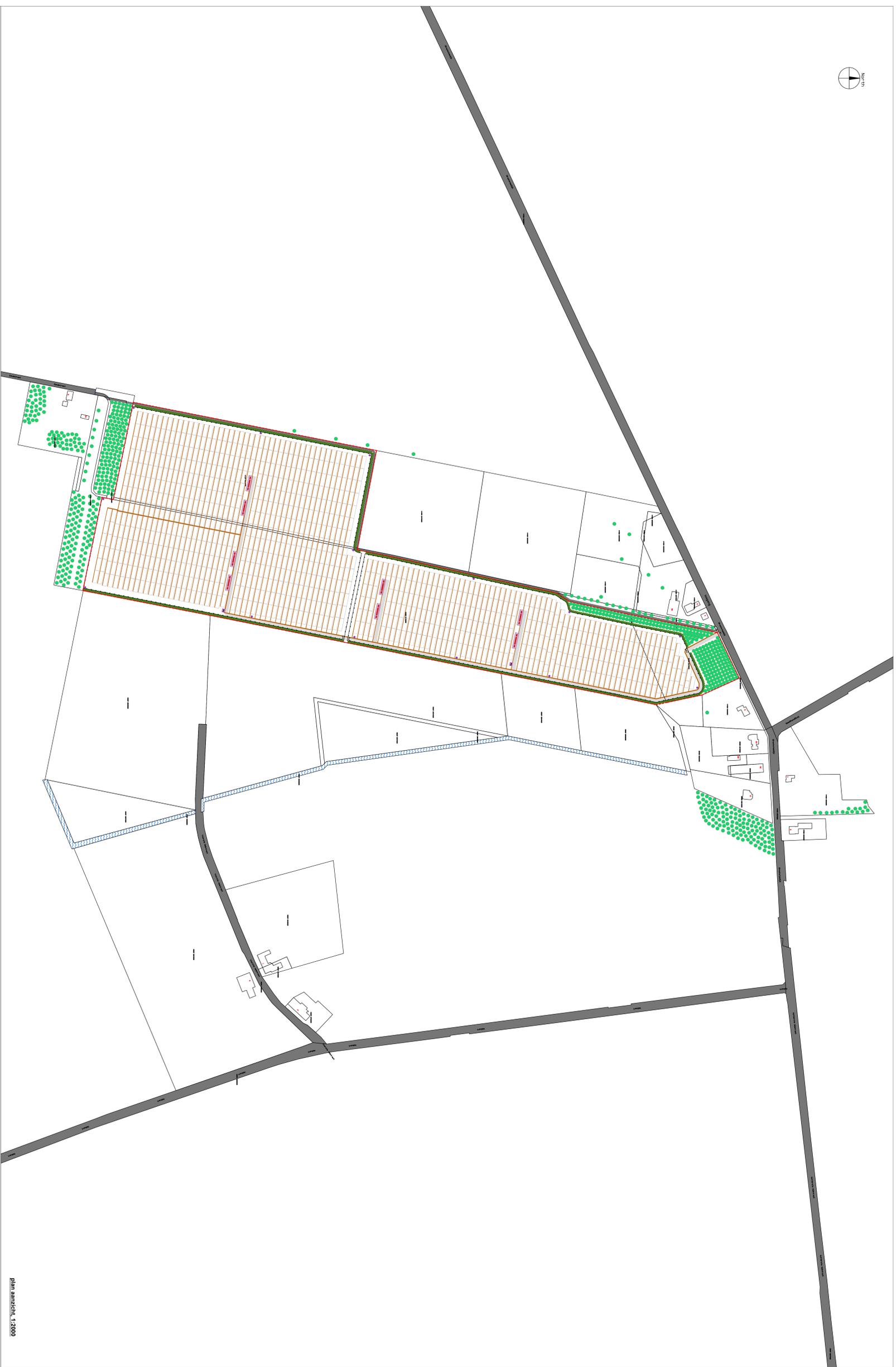


CCTV

Kronos Solar Projects GmbH Petersplatz 10 80331 München					date	name	drawing number	P14-EK06	
				edit	2014/03/07	AB	project PV plant		
				draw	2014/03/07	AB			
ind.	changing	date	name	Solar Engineering Decker & Mack GmbH Johannsenstraße 2-3 30159 Hannover Tel.: +49 (0)511 646634-0 Fax: +49 (0)511 646634-9 www.solar-engineering.de		planning state basic design drawing camera			
A						version section scale 1:50			
B						page 3/3 format A4			
C									
D									
E									
F									

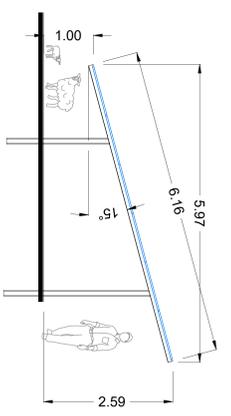
© by Solar Engineering Decker & Mack GmbH.

Copying of this document and distribution to others and the use or communication of the contents thereof are forbidden without expressed authority of Solar Engineering Decker & Mack GmbH. Offenders are liable to the payment of damages.

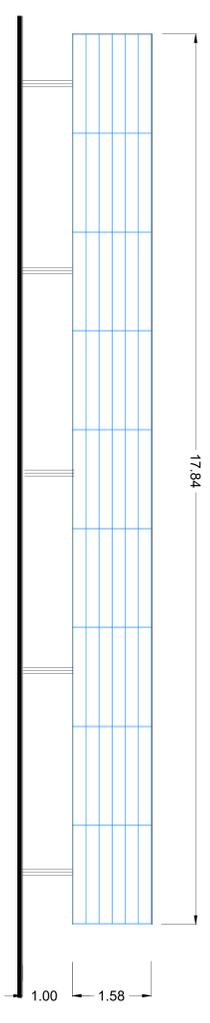


plan aanzicht, 1:2000

PV module rek 6L x 9, 15°



Zijaanzicht
Schaal 1 op 50



Voorraanzicht
Schaal 1 op 50

technische gegevens

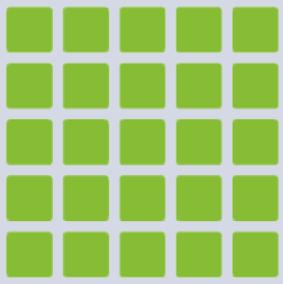
module:
PV module type: met geprofileerd
afstand PV module - grond = 0,80m
total aantal module: 52.288

onderbouw:
type: met geprofileerd
afstand
total aantal rekken: 877 / 6
oppervlakte van constructie: ~ 189.900m²

legenda

- PV module rek (6Lx5-4 module),
afstand PV module - grond = 0,80m)
- PV module rek (6x5-30 module),
afstand PV module - grond = 0,80m)
- oppervlakte van constructie (~ 189.900m²)
- hekwerk
- toegang en interne weg
- bestaande weg
- midden station
- transformator station
- beveiligingscamera
- bestaande gebouwen
- nieuwe begingspoort
- bestaande waterstroom
- bestaande boom
- nieuwe heggen
- kabelgulen

Kronos Solar Projects GmbH		Projectnummer: KS-2019-00-32	
Petersplatz 10		PV plant	
80331 München		Hilfensheim-Doermal	
A1 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Projectleider	Baarsdonk
A2 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A3 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A4 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A5 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A6 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A7 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A8 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A9 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A10 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A11 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A12 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A13 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A14 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A15 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A16 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A17 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A18 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A19 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A20 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A21 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A22 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A23 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A24 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A25 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A26 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A27 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A28 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A29 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A30 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A31 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A32 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A33 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A34 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A35 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A36 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A37 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A38 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A39 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A40 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A41 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A42 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A43 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A44 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A45 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A46 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A47 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A48 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A49 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A50 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A51 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A52 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A53 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A54 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A55 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A56 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A57 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A58 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A59 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A60 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A61 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A62 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A63 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A64 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A65 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A66 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A67 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A68 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A69 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A70 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A71 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A72 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A73 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A74 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A75 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A76 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A77 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A78 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A79 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A80 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A81 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A82 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A83 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A84 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A85 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A86 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A87 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A88 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A89 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A90 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A91 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A92 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A93 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A94 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A95 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A96 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A97 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A98 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A99 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk
A100 Verantwoordelijke	Oliver Jansen	Ontwerper	Baarsdonk



GREENCELLS GROUP

Design and supply of PV-Mounting Structure & References

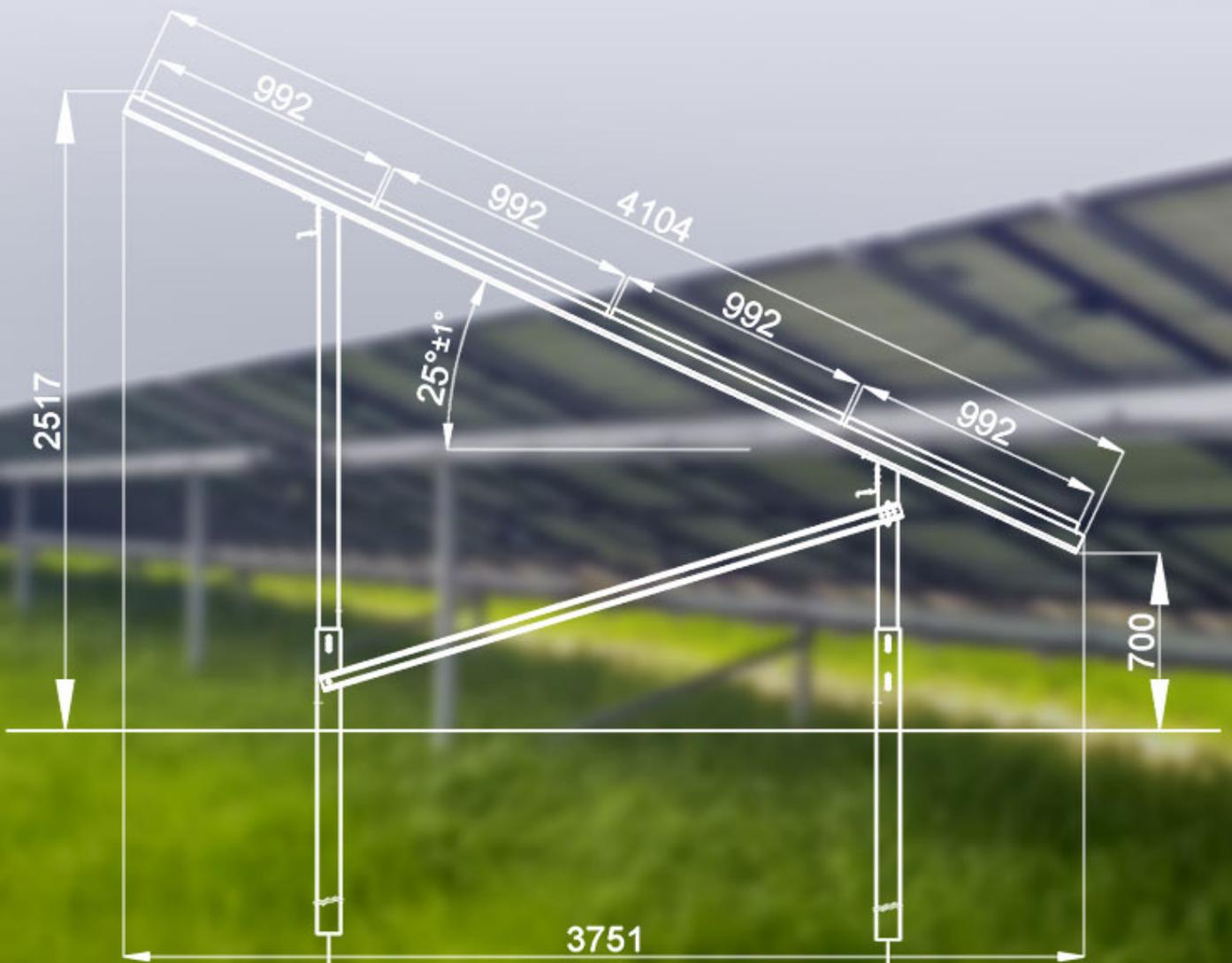


Table of Contents

1 Origin	3
2 Design Activities	3-4
3 Physical tests	4-5
4 Production	5
5 PV-Projects	6
6 References	7

1. Origin

At the end of 2016, Greencells took the decision to develop his own PV-mounting structure.

For this new activity by Greencells the 2 managers by Magna Automotive for the development of the PV-mounting structure were recruited:

Eric Lauer

(Non-Automotive Department Manager)

Christophe Touchet

(Business Dev. and Engineering Manager Non-Automotive Department)

Eric and **Christophe** started by Greencells at the beginning of the year 2017. They represent the know how of Greencells for the designing and the production of Greencells PV-mounting Structure.

2. Design activities

The drawings and the static calculation activities are **made in house**.

2.1 Standards

The design of the mounting structure is generally made according to the **EUROCODES**.

On request from our customer, the studies can be made with the consideration of other standards requirements. In this case, the support of an extern expert is required.

2.2 Ground Expertise

The ground expertise is conducted by an extern ground expert. After his investigation on site (soil survey, pull out test, chemical analysis, ...), the ground expert calculates the minimum requirements for the foundation as for example the ramming depth, the required corrosion coating system.

2.3 Tools for the drawings activities

Drawings activities are conducted with the help of:

Autodesk - Autocad 2016

Autodesk - Civil 3D 2016

2.4 Tools for the static analysis activities

Static analysis activities are conducted with the help of:

Dlubal - RFEM (FEM Structure analysis software)

Dlubal - Shape Thin (Properties and stresses of thin walled cross sections)

Dlubal - RF STEEL EC3 (Design of Steel Members and Sets of Members accrd. to EC3)

3. Physical tests

3.1 Assembly

In case of a new concept, a first PV-mounting structure is produced, assembled and tested in order to verify the feasibility of the assembly



3.2 Corrosion

Accelerated corrosion tests (ISO 12944) are conducted by an independent laboratory (ex. DEKRA).



Sweihan - 1.17GWp - UAE

3.2 Corrosion

Coating systems:

Pile: Hot galvanization ISO 1461 or ZM430(Magnelis) for piles

Other profiles: Hot deep galvanization EN10346 : from Z600 to ZM430(Magnelis)

Fasteners: Magni 565, 1000Hrs NSS or Stainless

PV-clamps: Aluminium

Those tests **confirm** that the all coating systems are enough resistant.

3.2 Mechanical resistance

Mechanical resistance tests are conducted in order to verify the correlation with the results of the static analysis.

4. Production

4.1 Checks before production

A third party (Technical advisor, Civil Engineer Technical control office) checks the design and the static analysis (ex. Fichtner, Socotec, OST Energy, etc.).

4.2 Certification

ISO 9001; ISO TS 16949 (Automotive standard)

4.3 Steel suppliers

ArcelorMittal, ThyssenKrupp, Wuppermann, etc.



5. PV-Projects

Quoted

PV-plants: 114

Global power: 4.928 MWp

Countries: 32

Customers: EDF, NEOEN, Solaire Direct, QCells, Wirsol, European Energy, First Solar, EON,...

PV-mounting structure concepts:

- 1 Pole 2V
- 2 Pile 3V
- 2 Pile 4L to 10L

PV-mounting structure variants: 259 (Approximately 2 variants per project)

Built

PV-plants: 49

Global power: 1.755 MWp

Countries England, France, Germany, Italy, Honduras, Abu Dhabi, Northern Ireland, Poland, Denmark

Customers: QCells, EON, Pairan, Wirsol, Kaco, Sterling&Wilson,etc.

PV-mounting structure concepts:

- 1 Pole 2V
- 2 Pile 3V
- 2 Pile 4L and 6L FS4 modules
- 3 Pile 8L

PV-mounting structure variants: 86 (Approximately 2 variants per project)

Quality performance: < 500ppm

Delivery performance: 99,8% of parts delivered in time

6. References

UK

Flixborough - 5MWp, Manor Farm - 5 MWp, Axe View - 5MWp, Pick Hill - 5 MWp, Hill Farm - 5MWp

Denmark

Stubbekobin - 3.6MWp, Oster Toreby - 10 MWp, Peldysparken - 7MWp, Hundetu-
devej - 10MWp

Poland

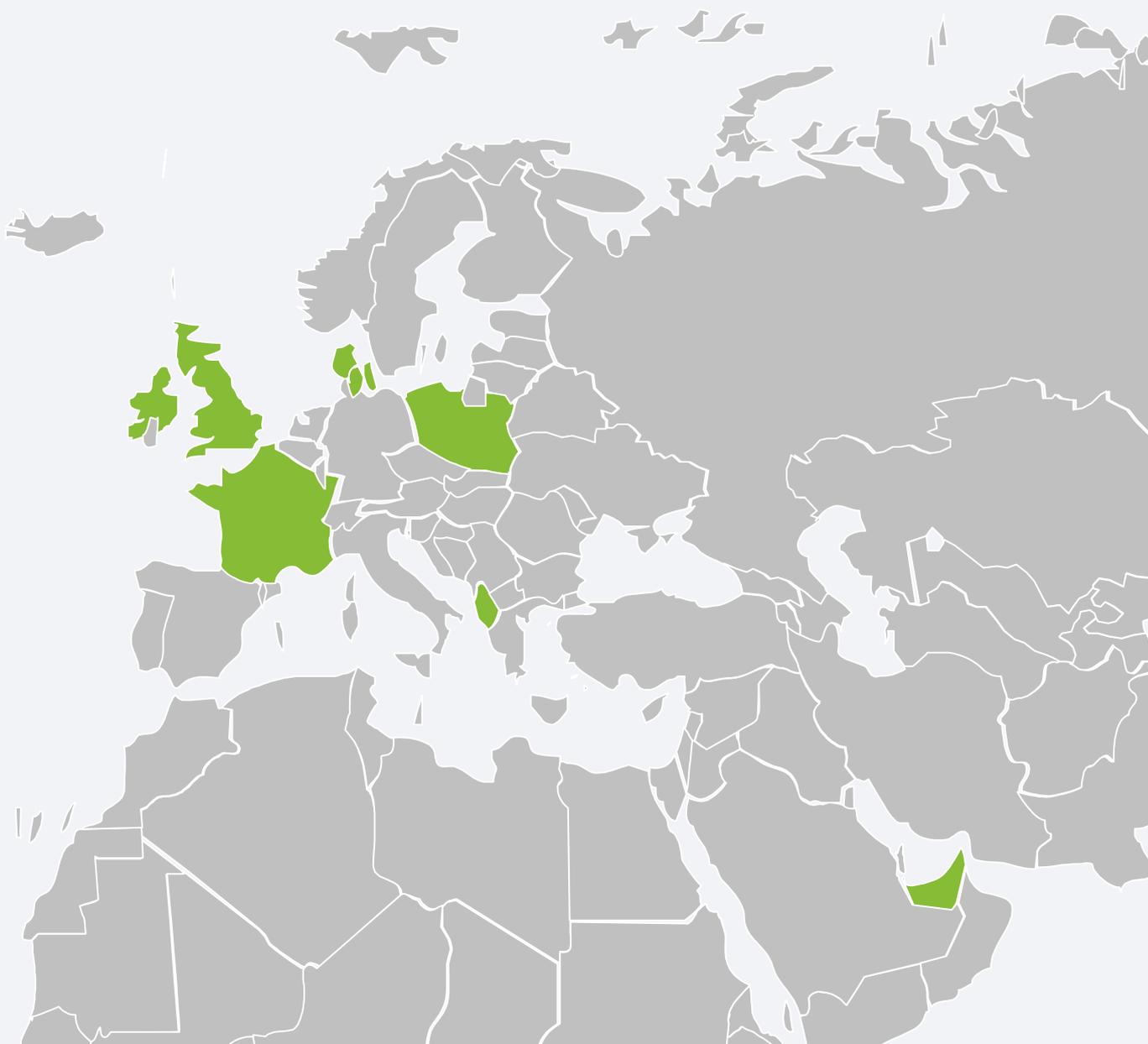
Novogard - 6.5MWp

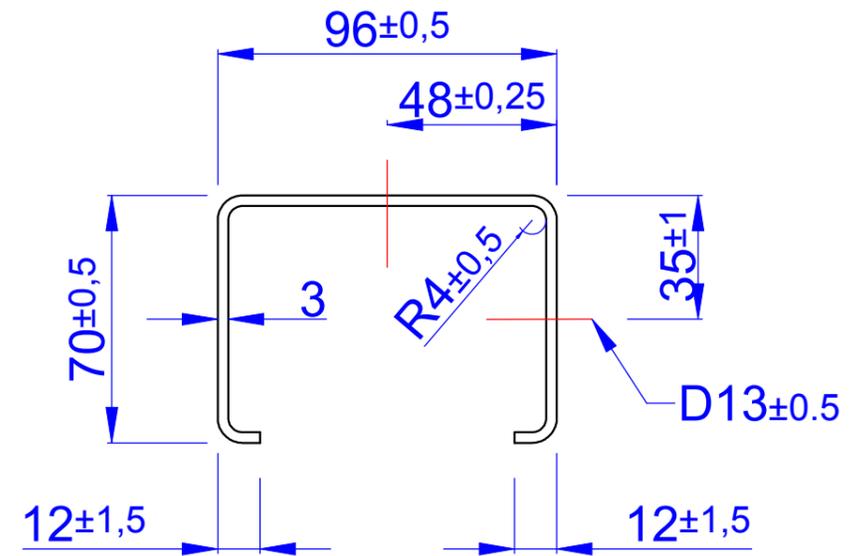
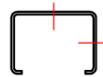
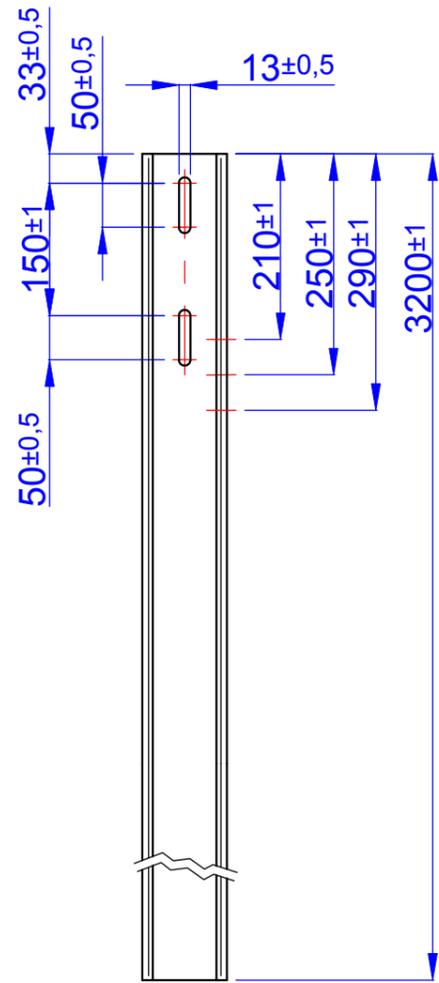
Albania

Fier - 10MWp

UAE

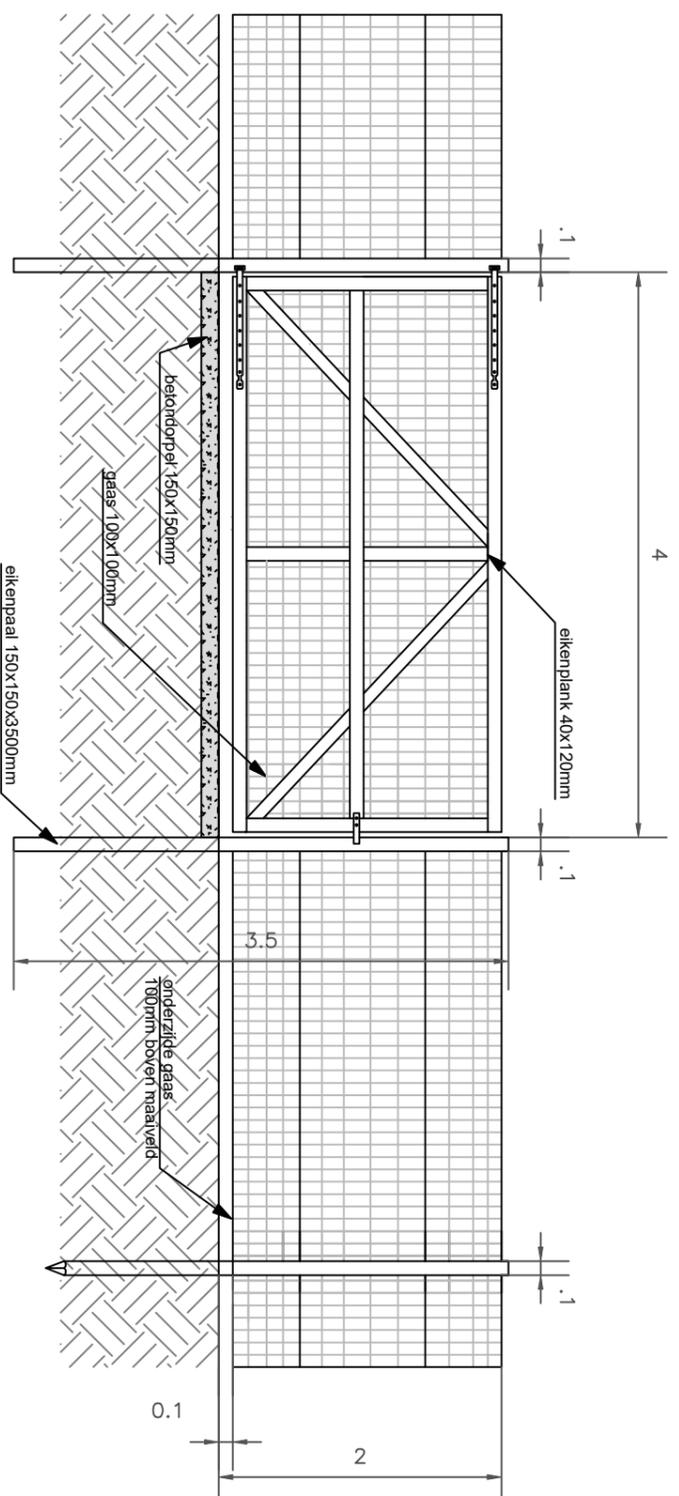
Sweihan - 1.177GWp



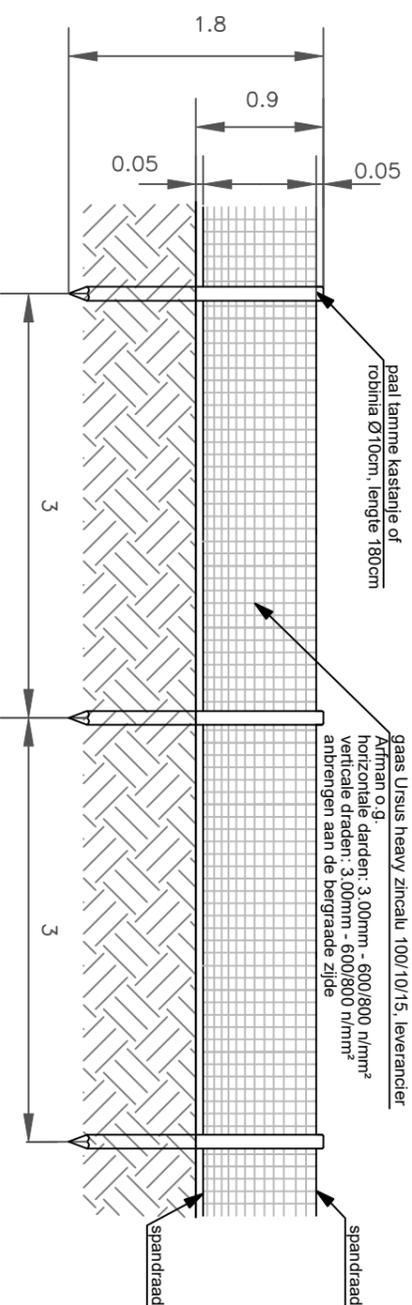


clîent		datum	naam	tekening nummer	18010201-3200
Kronos Solar Projects GmbH		tekening	02/01/2018	CT	project
Petersplatz 10					PV park
80331 München					
ind.	verandering	datum	naam	planning status	basisontwerp
A	vertaling NL	07/05/2018	AT	tekening	Heiprofiel
B				versie	plan ontwerp
C				geen schaal,	eenheid: meter
D				pagina 1/1	formaat
E					A3
F					
Kronos Solar				alle rechten voorbehouden	

© door Kronos Solar Projects GmbH.
 Het kopiëren van dit document en de verspreiding ervan aan anderen en het gebruik of de communicatie van de inhoud ervan is verboden zonder uitdrukkelijke toestemming van Kronos Solar Project GmbH. Overtreders zijn aansprakelijk voor de betaling van een schadevergoeding.



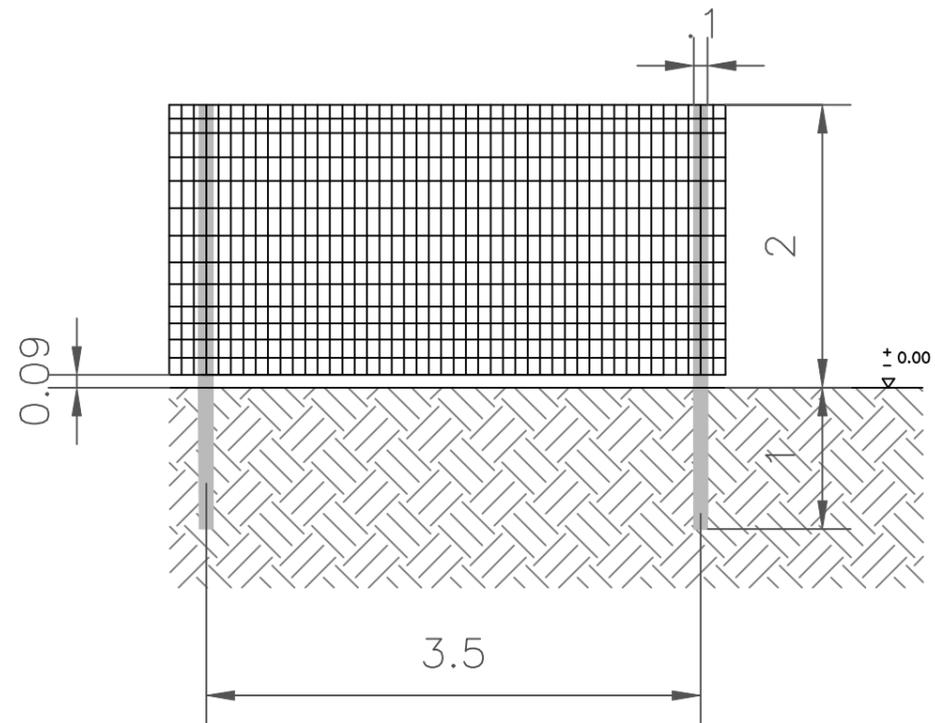
Aanzicht binnenzijde - enkeldraaiende werkpoort
Schaal 1:150



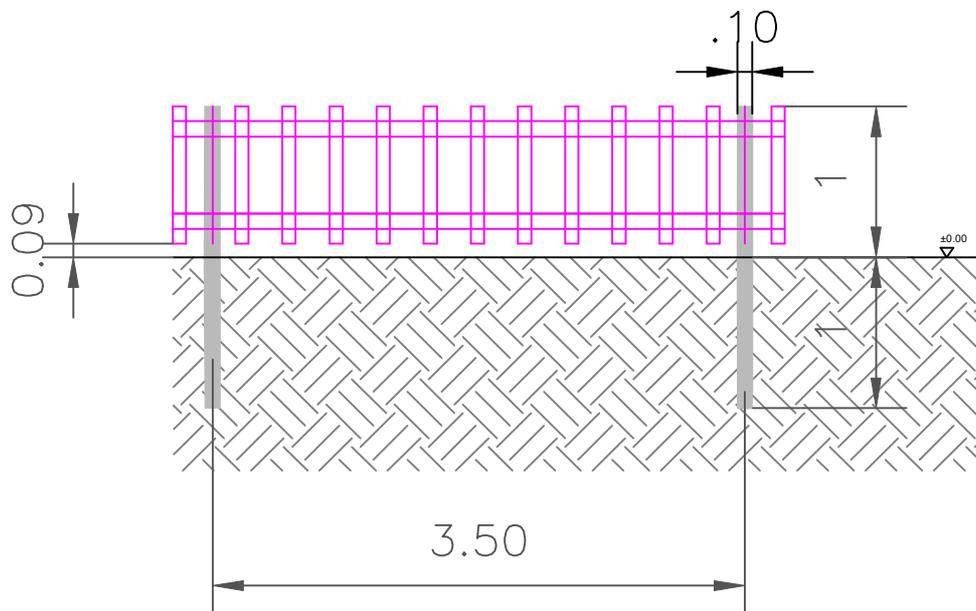
Aanzicht - schapenraster
Schaal 1:150

Kronos Solar Projects GmbH			datum	naam	tekening nummer
Petersplatz 10			draw	21/10/2019	AT
80331 München					
verandering	datum	naam	Kronos Solar		
A					
B					
C					
D					
E					
F			alle rechten voorbehouden	planning state	basisontwerp
			Beveiligingshek voorbeeld		
			versie	schaal	
			plan ontwerp	1:50	
			pagina 1/1	formaat	A3

© door Kronos Solar Projects GmbH.
Het kopiëren van dit document en de verspreiding ervan aan anderen en het gebruik of de communicatie van de inhoud ervan is verboden zonder uitdrukkelijke toestemming van Kronos Solar Project GmbH. Overtreeders zijn aansprakelijk voor de betaling van een schadevergoeding.

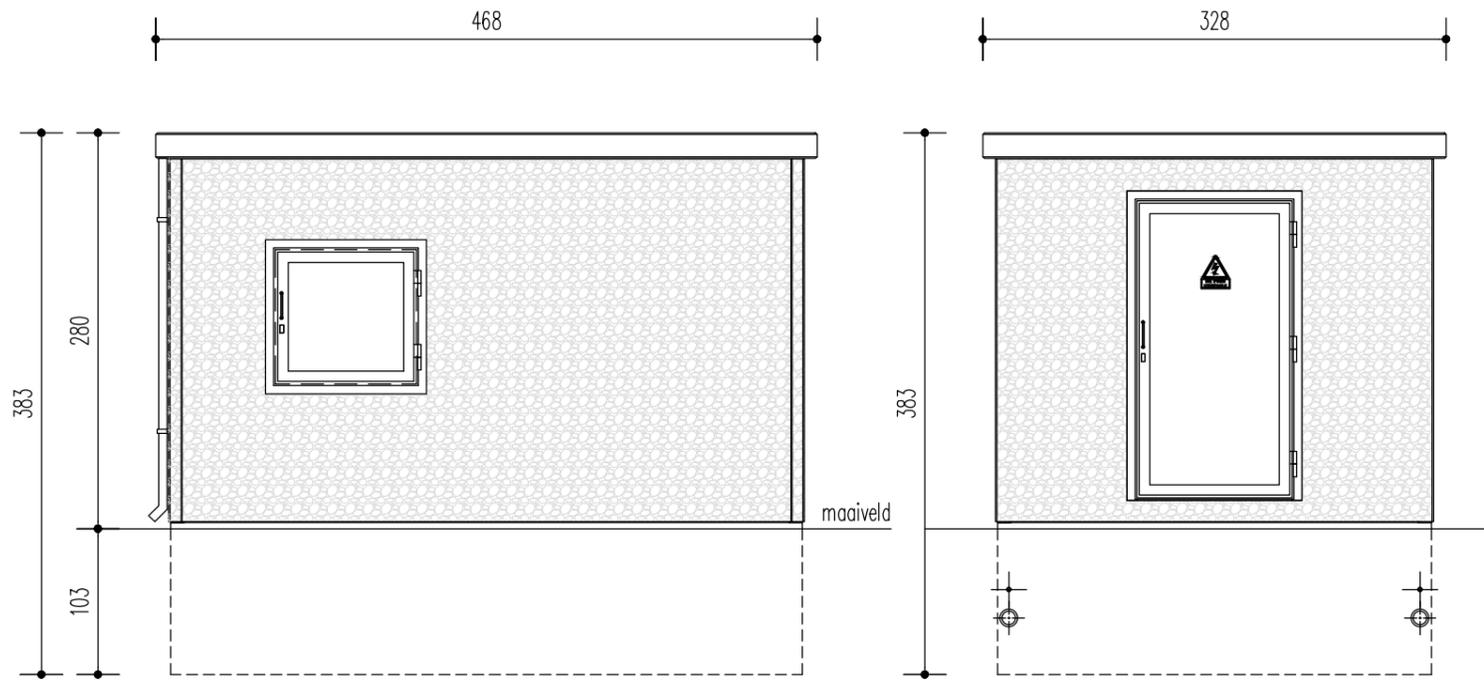


schaal				geen schaal, eenheid: meter					
Kronos Solar Projects GmbH Petersplatz 10 80331 München		draw	datum	naam	tekening nummer		KS_2018_00_17		
			11/04/2018	AT	project		PV park		
	verandering	datum	naam	Kronos Solar		planning state		basisontwerp	
A	vertaling NL	07/05/2018	AT			tekening		Beveiligingshek voorbeeld	
B						versie		plan ontwerp	schaal
C						pagina 1/1			1:50
D						alle rechten voorbehouden			formaat
E									A3
F									
© door Kronos Solar Projects GmbH. Het kopiëren van dit document en de verspreiding ervan aan anderen en het gebruik of de communicatie van de inhoud ervan is verboden zonder uitdrukkelijke toestemming van Kronos Solar Project GmbH. Overtreders zijn aansprakelijk voor de betaling van een schadevergoeding.									



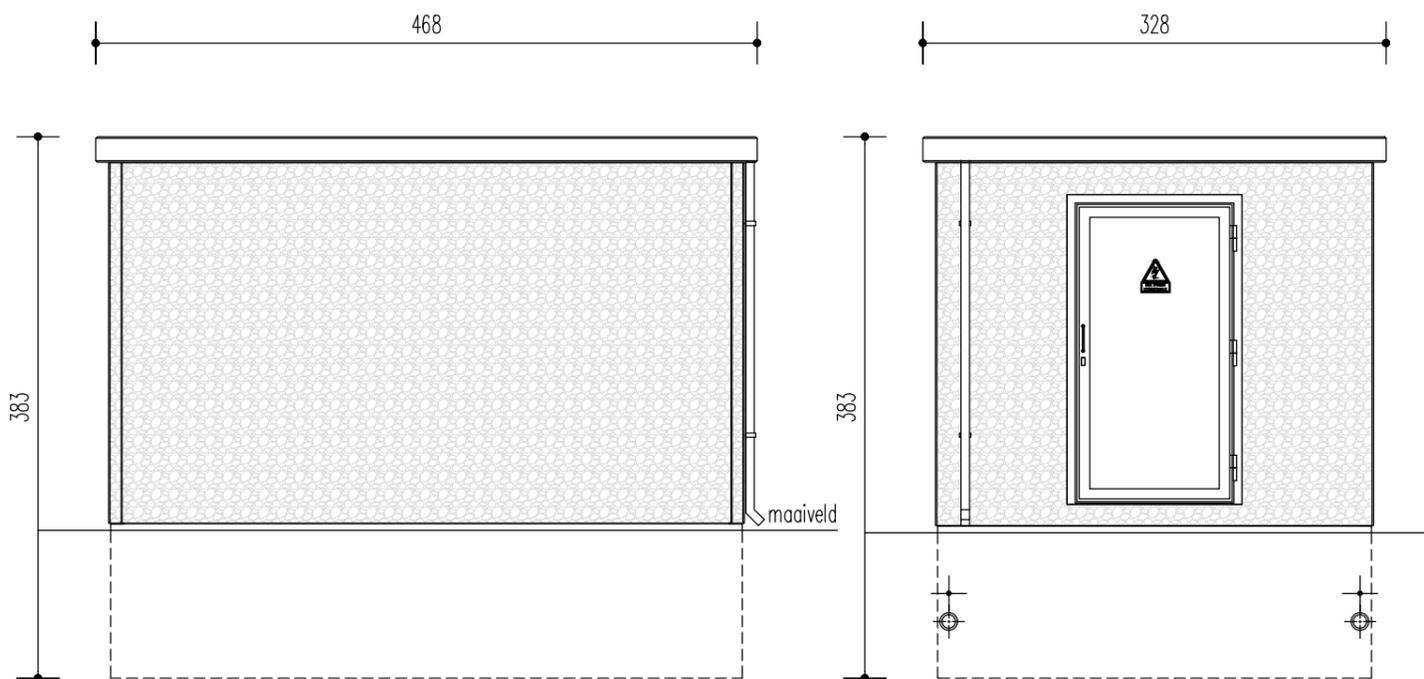
cliënt				datum	naam	tekening nummer	KS_2018_24				
Kronos Solar Projects GmbH Petersplatz 10 80331 München				tekening	26/10/2018	AT	project				
							PV plant				
							Voorst				
ind.	verandering	datum	naam	<div style="text-align: center; color: orange; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Kronos Solar</div> <p>alle rechten voorbehouden</p>				planning status	basisontwerp		
A								tekening	Dwarsdoorsnede schapenhek		
B								versie	plan ontwerp	schaal	1:50
C								pagina 1/1		formaat	A4
D											
E											
F											

© door Kronos Solar Projects GmbH.
 Het kopiëren van dit document en de verspreiding ervan aan anderen en het gebruik of de communicatie van de inhoud ervan is verboden zonder uitdrukkelijke toestemming van Kronos Solar Project GmbH. Overtreders zijn aansprakelijk voor de betaling van een schadevergoeding.



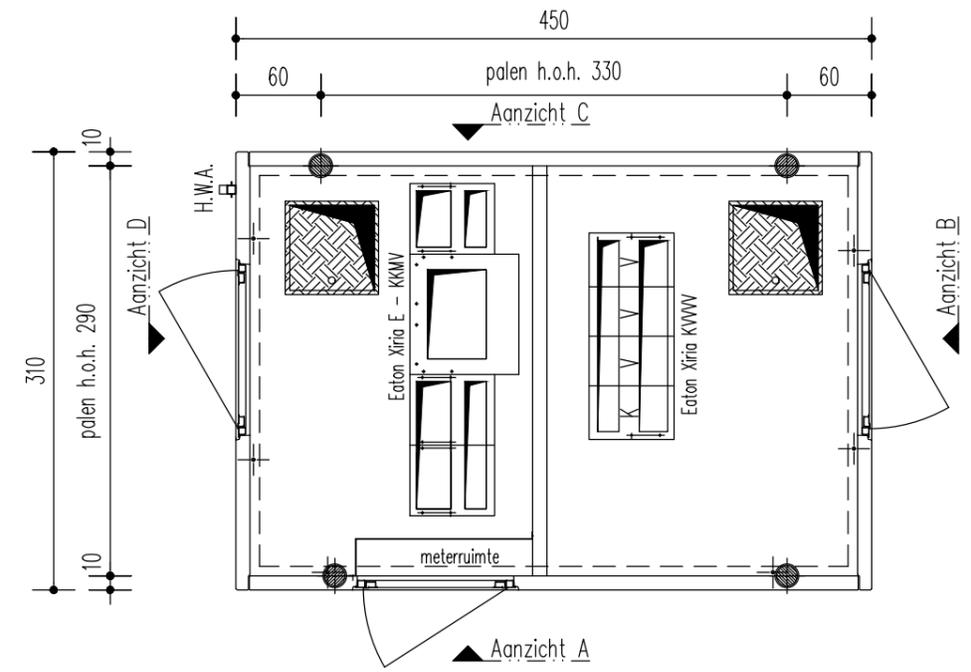
Aanzicht A

Aanzicht B



Aanzicht C

Aanzicht D



Installatie plattegrond

			Nr.: 18-B-2391-00		
			AKA Projectnummer: 450310		
			Schaal:	Formaat:	Blad:
			1 : 50	A3	1-1
Revisie:	Datum:	Naam:	Wijziging:		
			Type Station: Betreedbaar station 4,50m X 3,10m X 3,83m		
			Getekend door: R.J. van der Schaaf	Datum: 30-07-2018	
			Project, Bouwplaats: Vergunning aanvraag		
			Maataanduiding: Maten in cm		
			Opdrachtgever: Kenter Duiven		
			Ormschrijving: Aanzichten en plattegrond		
			Deze tekening is het eigendom van Alberts & Kluit B.V. en mag niet gereproduceerd of gebruikt worden voor andere doeleinden dan waarvoor deze is verstrekt.		



Alberts & Kluit

Postbus 1434, 1300 BK Almere
Keersluisweg 41, 1332 EE Almere
TEL +31(0) 36 54 950 60
E-MAIL info@aka.nl
WEB www.aka.nl



access

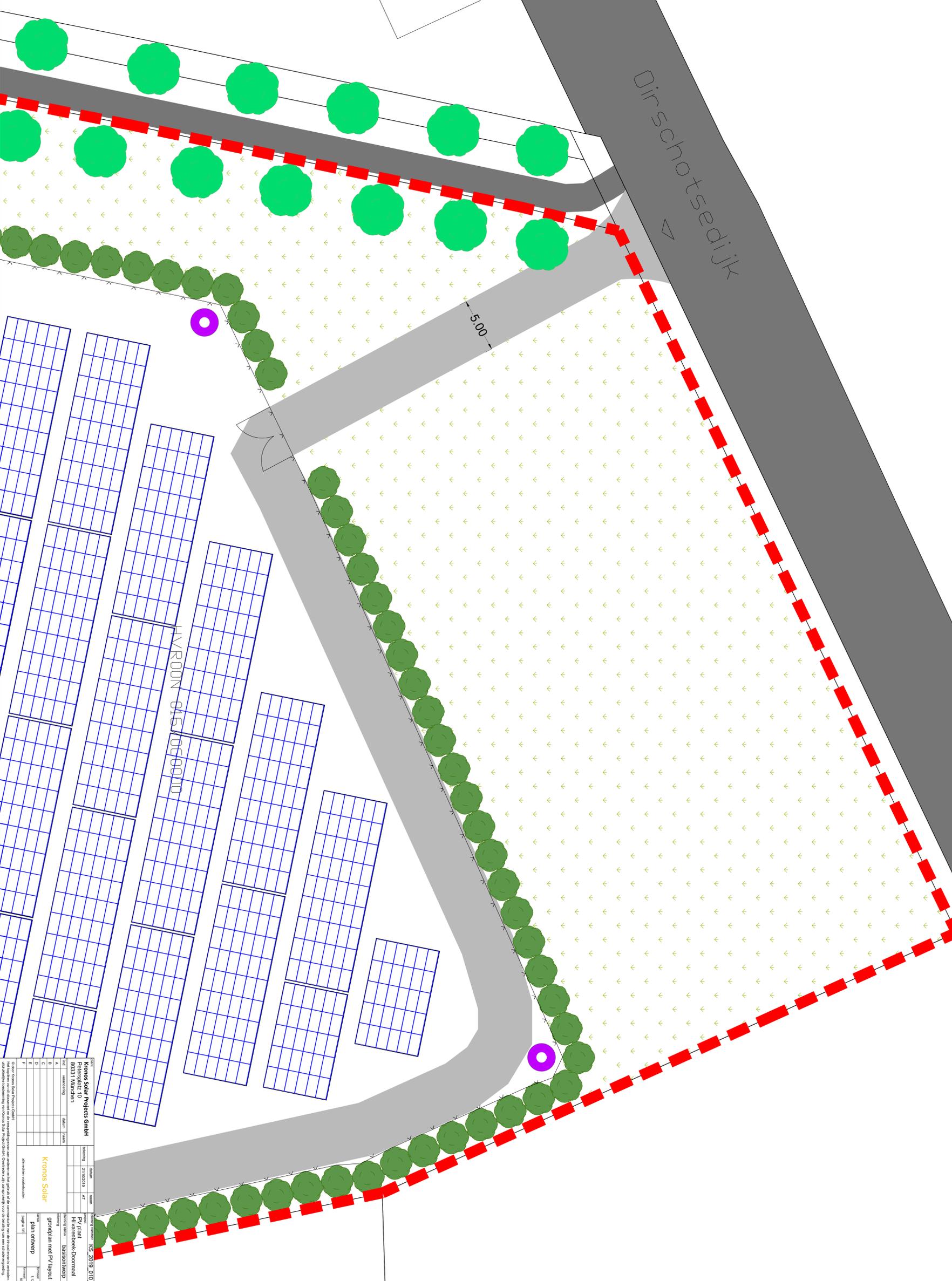
Dirschotsedijk

HVRON 01689G0000

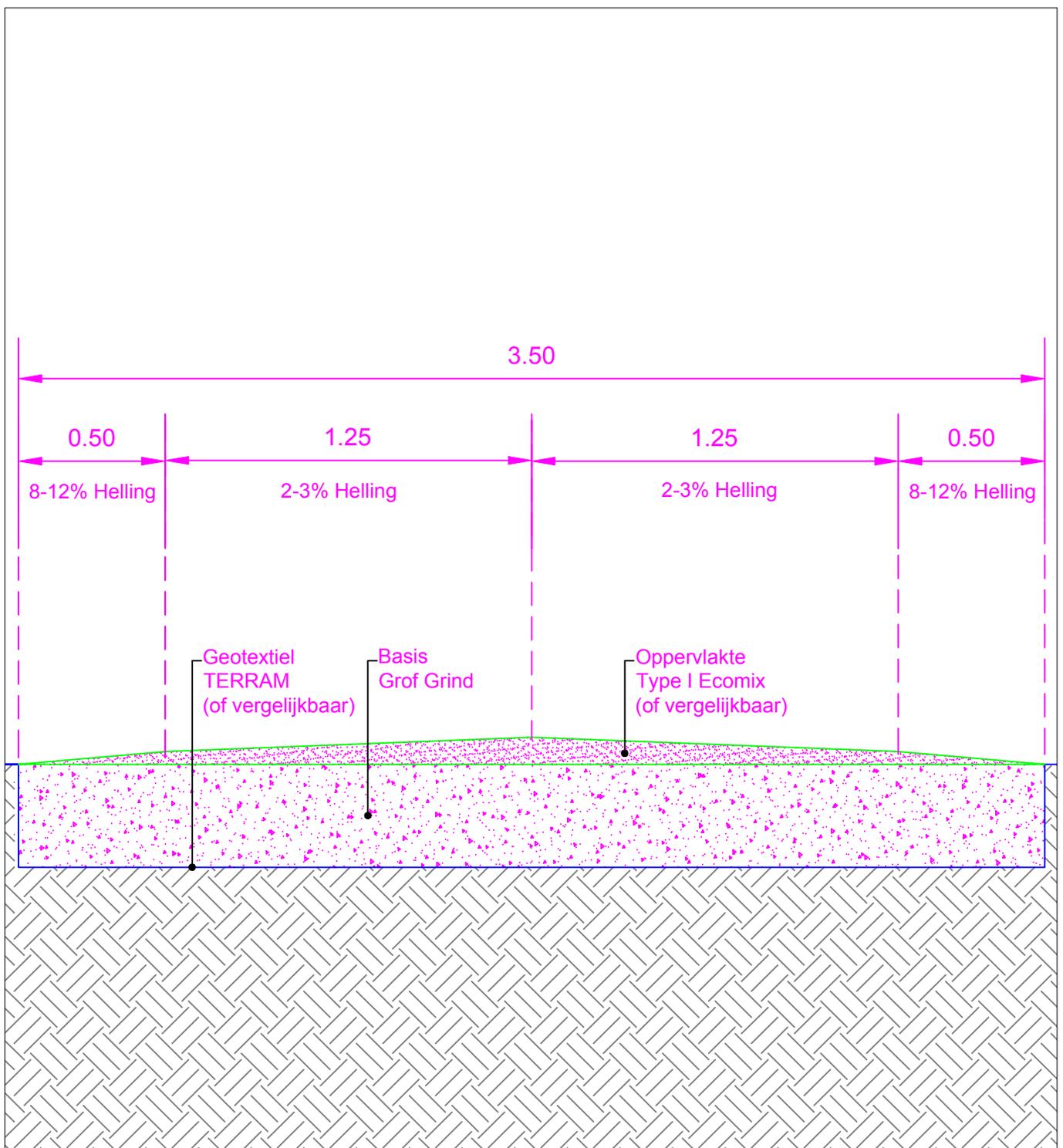
HVRON 01570G0000

N 01662G0000

5.00



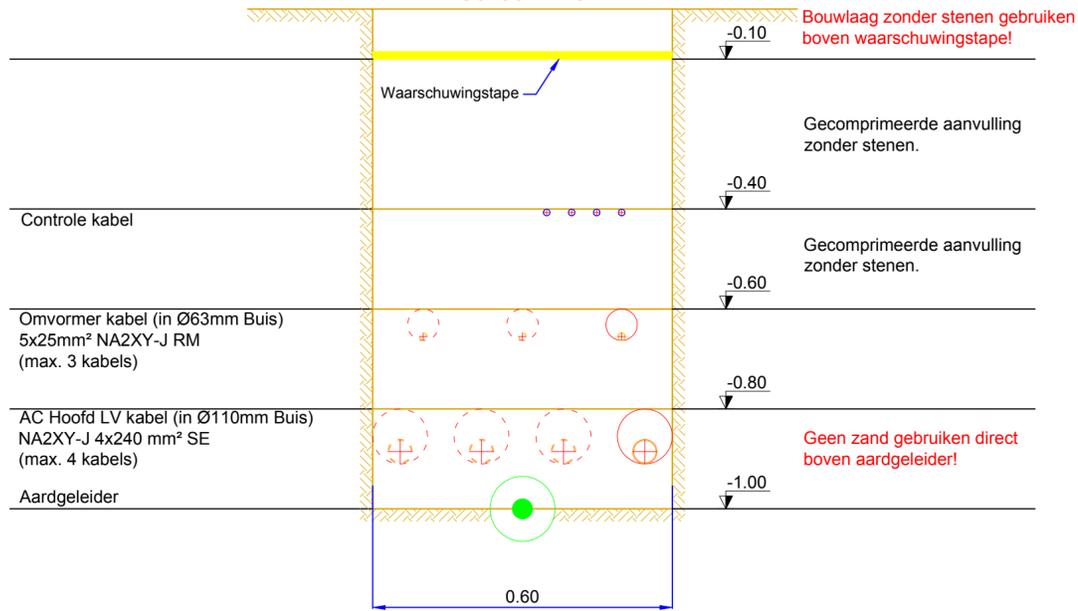
Kronos Solar Projects GmbH		Datum: 2019-07-14	
Petersplatz 10		Projekt: PV plant	
80331 München		Titel: Hilserebek-Doernaal	
Art	Veränderung	Ort	Baustadium
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			
P			
Q			
R			
S			
T			
U			
V			
W			
X			
Y			
Z			
aa			
ab			
ac			
ad			
ae			
af			
ag			
ah			
ai			
aj			
ak			
al			
am			
an			
ao			
ap			
aq			
ar			
as			
at			
au			
av			
aw			
ax			
ay			
az			
ba			
bb			
bc			
bd			
be			
bf			
bg			
bh			
bi			
bj			
bk			
bl			
bm			
bn			
bo			
bp			
bq			
br			
bs			
bt			
bu			
bv			
bw			
bx			
by			
bz			
ca			
cb			
cc			
cd			
ce			
cf			
cg			
ch			
ci			
cj			
ck			
cl			
cm			
cn			
co			
cp			
cq			
cr			
cs			
ct			
cu			
cv			
cw			
cx			
cy			
cz			
da			
db			
dc			
dd			
de			
df			
dg			
dh			
di			
dj			
dk			
dl			
dm			
dn			
do			
dp			
dq			
dr			
ds			
dt			
du			
dv			
dw			
dx			
dy			
dz			
ea			
eb			
ec			
ed			
ee			
ef			
eg			
eh			
ei			
ej			
ek			
el			
em			
en			
eo			
ep			
eq			
er			
es			
et			
eu			
ev			
ew			
ex			
ey			
ez			
fa			
fb			
fc			
fd			
fe			
ff			
fg			
fh			
fi			
fj			
fk			
fl			
fm			
fn			
fo			
fp			
fq			
fr			
fs			
ft			
fu			
fv			
fw			
fx			
fy			
fz			
ga			
gb			
gc			
gd			
ge			
gf			
gg			
gh			
gi			
gj			
gk			
gl			
gm			
gn			
go			
gp			
gq			
gr			
gs			
gt			
gu			
gv			
gw			
gx			
gy			
gz			
ha			
hb			
hc			
hd			
he			
hf			
hg			
hh			
hi			
hj			
hk			
hl			
hm			
hn			
ho			
hp			
hq			
hr			
hs			
ht			
hu			
hv			
hw			
hx			
hy			
hz			
ia			
ib			
ic			
id			
ie			
if			
ig			
ih			
ii			
ij			
ik			
il			
im			
in			
io			
ip			
iq			
ir			
is			
it			
iu			
iv			
iw			
ix			
iy			
iz			
ja			
jb			
jc			
jd			
je			
jf			
jj			
jk			
jl			
jm			
jn			
jo			
jp			
jq			
jr			
js			
jt			
ju			
jv			
jw			
jx			
gy			
jz			
ka			
kb			
kc			
kd			
ke			
kf			
kg			
kh			
ki			
kj			
kk			
kl			
km			
kn			
ko			
kp			
kq			
kr			
ks			
kt			
ku			
kv			
kw			
kx			
ky			
kz			
la			
lb			
lc			
ld			
le			
lf			
lg			
lh			
li			
lj			
lk			
ll			
lm			
ln			
lo			
lp			
lq			
lr			
ls			
lt			
lu			
lv			
lw			
lx			
ly			
lz			
ma			
mb			
mc			
md			
me			
mf			
mg			
mh			
mi			
mj			
mk			
ml			
mm			
mn			
mo			
mp			
mq			
mr			
ms			
mt			
mu			
mv			
mw			
mx			
my			
mz			
na			
nb			
nc			
nd			
ne			
nf			
ng			
nh			
ni			
nj			
nk			
nl			
nm			
nn			
no			
np			
nq			
nr			
ns			
nt			
nu			
nv			
nw			
nx			
ny			
nz			
oa			
ob			
oc			
od			
oe			
of			
og			
oh			
oi			
oj			
ok			
ol			
om			
on			
oo			
op			
oq			
or			
os			
ot		</	



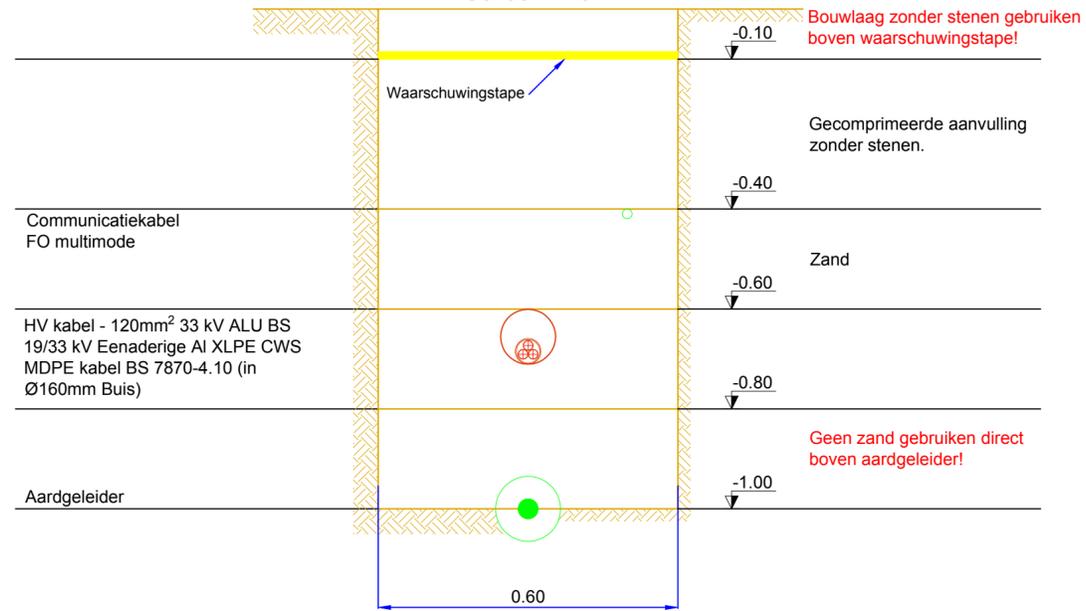
cliënt Kronos Solar Projects GmbH Petersplatz 10 80331 München				datum 18.02.2013	naam AB	tekening nummer P14-EK07	
				aangepast 18.02.2013	AB	project PV park	
				tekening 18.02.2013	AB		
ind.	verandering	datum	naam	Kronos Solar alle rechten voorbehouden		planning status basisontwerp	
A	vertaling NL	07/05/2018	AT			tekening toegangs- en onderhoudswegen	
B						versie doorsnede	schaal 1:20
C						pagina 1/1	formaat A4
D							
E							
F							

© door Kronos Solar Projects GmbH.
 Het kopiëren van dit document en de verspreiding ervan aan anderen en het gebruik of de communicatie van de inhoud ervan is verboden zonder uitdrukkelijke toestemming van Kronos Solar Project GmbH. Overtreders zijn aansprakelijk voor de betaling van een schadevergoeding.

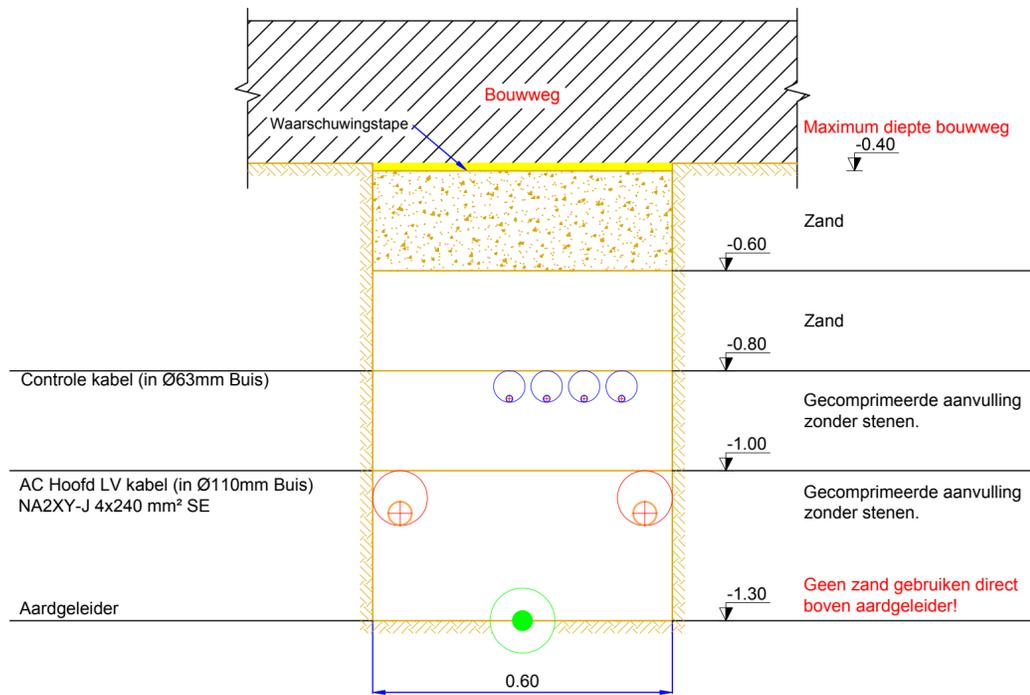
- AC Geul Detail -
Schaal 1:10



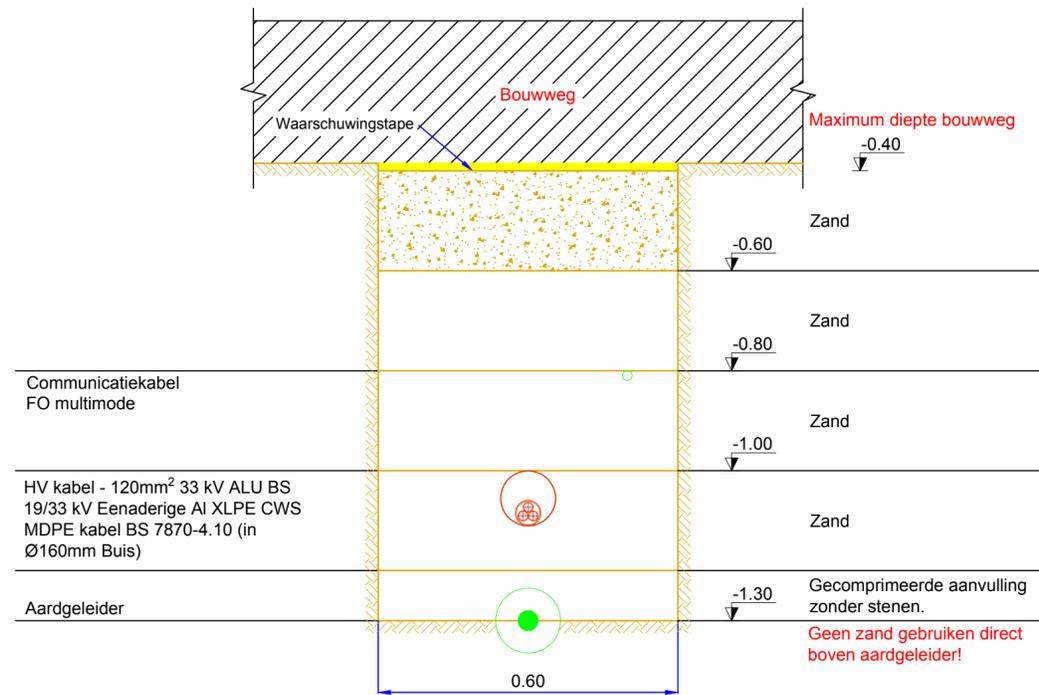
- HV Geul Detail -
Schaal 1:10



- AC Geul Weg -
Kruising Detail
Schaal 1:10



- HV Geul Weg -
Kruising Detail
Schaal 1:10



Kronos Solar Projects GmbH Petersplatz 10 80331 München		datum 15/05/2017	naam AP	planning nummer PV park
ind.	verandering	datum	naam	planning status basisontwerp
A.	vertaling NL	27/05/2016	AT	Kronos Solar Kabelgeul details plan ontwerp schaal 1:10 pagina 1 van 2 alle rechten voorbehouden
B.				
C.				
D.				
E.				
F.				

© door Kronos Solar Projects GmbH.
Het kopiëren van dit document en de verspreiding ervan aan anderen en het gebruik of de communicatie van de inhoud ervan is verboden zonder schriftelijke toestemming van Kronos Solar Project GmbH. Overtreders zijn aansprakelijk voor de betaling van een schadevergoeding.



Photovoltaics is our passion

ET MODULE

ET-P672280	280Wp	ET-P672255	255Wp
ET-P672275	275Wp	ET-P672250	250Wp
ET-P672270	270Wp	ET-P672245	245Wp
ET-P672265	265Wp	ET-P672240	240Wp
ET-P672260	260Wp		

EFFICIENCY

- Low voltage-temperature coefficient allows higher power output at high-temperature condition
- High efficient, high reliable solar cells ensure our product output stability

MATERIALS

- Advanced EVA encapsulation system with triple-layer back sheet meets the most stringent safety requirements for high-voltage operation
- The sturdy, anodized aluminum frame allows the modules to be mounted on a variety of standard racking systems and to withstand harshest conditions
- Ultra reliable bypass diodes prevent damage through overheating due to shaded or defective cells
- Innovative, environmentally friendly packing method using pile-edges ensures modules arrive in perfect condition
- New frame design incorporating hexagonal shaped drainage holes, with more grounding holes, provide flexible installation and use

BENEFITS

- Manufactured in an ISO 9001:2000 certified plant
- High efficiency, high safety, high reliability
- Output power tolerance of +/-3%
- 25-year limited warranty on power output, 5-year limited warranty on materials and workmanship



IEC 61215 Ed.2
IEC 61730
UL 1703



ET SOLAR GROUP www.etsolar.com

ET Solar China

24F, A2 World Trade Center Mansion,
67 Shanxi RD, Nanjing 210009, China
Tel: +86 25 8689 8096 Fax: +86 25 8689 8097
Email: sales@etsolar.com

ET Solar USA

4900 Hopyard Road, Suite 290,
Pleasanton, CA 94588, USA
Tel: +1 925 460 9898 Fax: +1 925 460 9929
Email: sales@etsolar.us

ET Solar Europe

ET Solar GmbH, Munich City Tower,
Landsbergerstr. 110 / 9 Fl. D-80339 Munich, Germany
Tel: +49 89 309040 263 Fax: +49 89 309040 466
Email: sales@etsolar.de
(Italy Office) Tel: +39 392 2340606 Email:sales@etsolar.it

ET Module

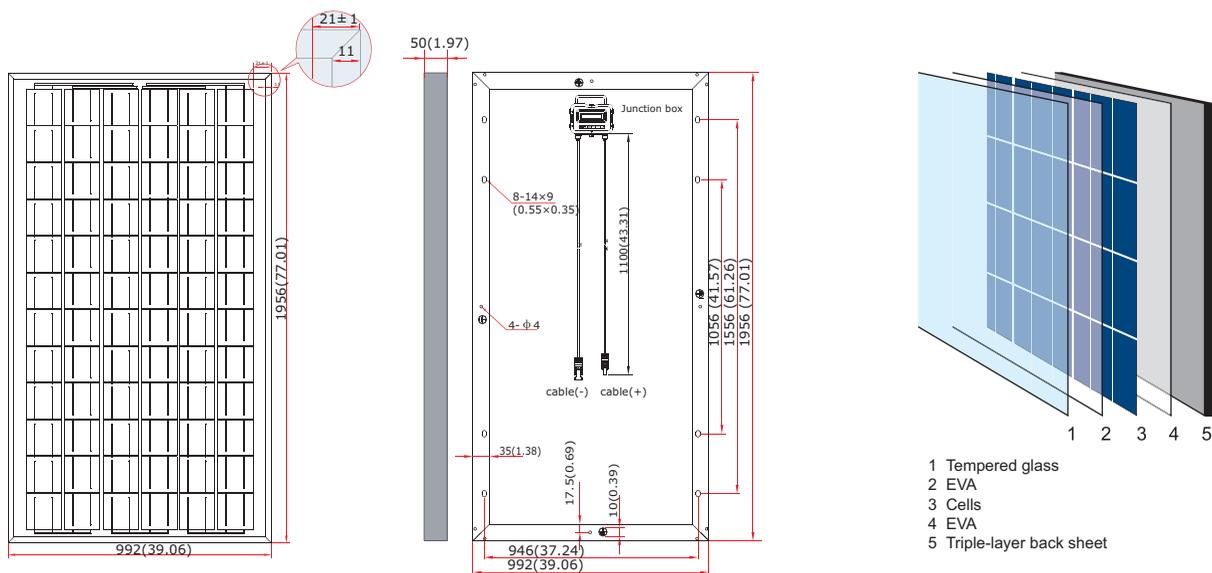
ET-P672280 ET-P672275 ET-P672270 ET-P672265 ET-P672260
 ET-P672255 ET-P672250 ET-P672245 ET-P672240

SPECIFICATIONS

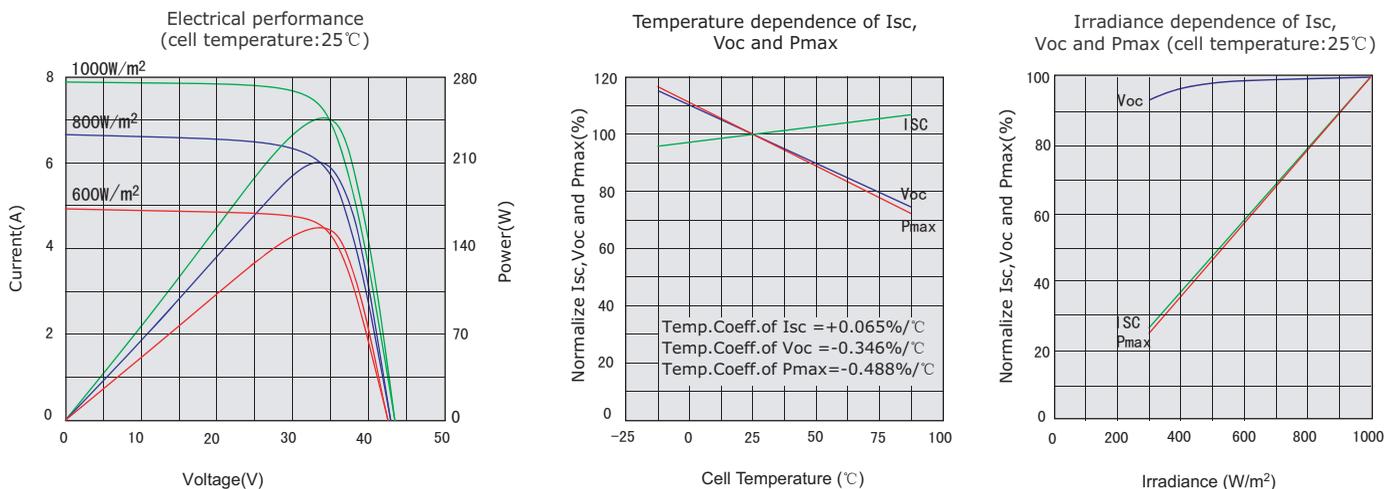
Model type	ET-P672280	ET-P672275	ET-P672270	ET-P672265	ET-P672260	ET-P672255	ET-P672250	ET-P672245	ET-P672240
Peak power (Pmax)	280W	275W	270W	265W	260W	255W	250W	245W	240W
Cell type	PolyCrystalline Silicon, 156mm x 156mm								
Number of cells	72 cells in series								
Weight	23.0 kg (50.7 lbs)								
Dimensions	1956×992×50 mm (77×39.1×1.97 inch)								
Maximum power voltage (Vmp)	36.72V	36.72V	36.40V	36.40V	36.00V	35.20V	35.20V	34.95V	34.95V
Maximum power current (Imp)	7.63A	7.49A	7.42A	7.28A	7.23A	7.23A	7.12A	7.01A	6.88A
Open circuit voltage (Voc)	43.78V	43.78V	43.63V	43.63V	43.49V	43.88V	43.88V	43.85V	43.85V
Short circuit current (Isc)	7.98A	7.96A	7.90A	7.90A	7.79A	7.85A	7.81A	7.70A	7.63A
Maximum system voltage	DC 1000V								
Temp. Coeff. of Isc (TK Isc)	0.065 %/°C								
Temp. Coeff. of Voc (TK Voc)	-0.346 %/°C								
Temp. Coeff. of Pmax (TK Pmax)	-0.488 %/°C								
Normal Operating Cell Temperature	45.3±2°C								

Note: the specifications are obtained under the Standard Test Conditions (STCs): 1000 W/m² solar irradiance, 1.5 Air Mass, and cell temperature of 25 °C.

PHYSICAL CHARACTERISTICS Unit:mm (inch)



ELECTRICAL CHARACTERISTICS



Schadstoffe in Photovoltaik – Freiflächenanlagen

Eine Gefahr für den Boden?

Titus Ebert und Christa Müller



Titus Ebert

Dipl.-Umweltwissenschaftler; Studium der Umweltsicherung an der Hochschule Weihenstephan und der Umweltwissenschaften an der Universität Koblenz; seit 2001 Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe „Bodenschadstoffe“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.



Christa Müller;

Dipl.-Geographin; Studium der Physischen Geographie an der LMU München mit Schwerpunkt Bodenkunde; seit 1985 an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft tätig; seit 1997 Leiterin der Arbeitsgruppe „Bodenschadstoffe“.

Zusammenfassung

Bei den am meisten verbreiteten Solarmodulen auf Siliziumbasis (ca. 90 %) ist der Halbleiter nur mit wenigen Fremdatomen dotiert. Kontakte und Lötstellen enthalten jedoch meist Silber, Zinn und größere Mengen Blei (bei einer durchschnittlichen Modulfläche von 3000 m² pro ha sind 20–25 kg/ha anzusetzen). Bei Dünnschicht-Solarmodulen wird v. a. schwer lösliches Cadmiumtellurid (CdTe) und geringe Mengen Cadmiumsulfid (CdS) als Halbleiter verwendet; trotz der nur wenige µm dünnen Halbleiterschicht ergeben sich pro ha 18–26 kg Cadmium.

Halbleiterschicht, Kontakte und Verbindungsbänder sind bei handelsüblichen Solarmodulen folienlaminiert und von einer Frontglasscheibe sowie bei den CdTe-Modulen üblicherweise zusätzlich von einer Rückglasscheibe umgeben. Von intakten Modulen ist nach derzeitigem Kenntnisstand daher bauartbedingt kein Cadmium- und Bleieintrag in den Boden zu erwarten. Nur im Falle einer sehr starken Beschädigung des Moduls durch Hagel oder Brand ist eine Cadmium- oder Bleifreisetzung nicht gänzlich auszuschließen. Defekte Module sollten deshalb im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes nicht für längere Zeit auf der Anlagenfläche verbleiben.

◆ **Schlagwörter:** Photovoltaik-Freiflächenanlagen, Blei, Cadmium, Cadmiumtellurid, Silizium-Solarmodule, Dünnschichtmodule, Bodenschutz

Summary

The most common solar modules are based on silicon (approx. 90 %); the semiconductor is spiked only with few crystal impurities. Electrical contacts and solders often contain silver, tin and larger quantities of lead (= 20–25 kg/ha on an average area of solar modules of 3000 m² per hectare). Thin-film solar modules are built with particularly low soluble cadmiumtelluride (CdTe) and a low amount of cadmiumsulfide (CdS) as semiconductors. However, the thin film of the semiconductor (thickness of only a few µm) contains 18–26 kg cadmium per hectare.

In common solar modules, the semiconductor, the electrical contacts and the copper busbars are foil-laminated and enclosed by a face glass panel. Usually CdTe-modules have an additional back glass panel. When the module is intact, according to the state of knowledge no soil contamination by cadmium or lead has to be expected.

Only in case of strong damages by hail or fire it cannot be fully excluded, that cadmium or lead will be leached. In terms of precautionary soil protection damaged modules should not be left on the site for a longer period of time.

◆ **Keywords:** photovoltaic power plants, lead, cadmium, cadmiumtelluride, silicon solar modules, thin-film solar modules, soil protection

1. Einleitung

Photovoltaik (PV)-Freiflächenanlagen sind in den letzten Jahren mancherorts wie Pilze aus dem Boden geschossen. Da die Freiflächenanlagen in der Regel nur mit 30 bis 40 % ihrer Fläche mit PV-Modulen bedeckt sind, kann sich zwischen den Reihen eine Grasnarbe ausbilden, die gemäht oder mit Schafen abgeweidet werden kann. Auch eine Freilandtierhaltung mit Geflügel, Rindern oder Pferden ist bei entsprechender technischer Anpassung, der Höhe der PV-Module und der Robustheit der Aufständungen möglich.



Abbildung 1
Solarpark Pocking mit Schafbeweidung [1]

Im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen von PV-Anlagen wurde die Frage aufgeworfen, ob aus den in Modulen, Lötstellen oder Aufständungen enthaltenen Schwermetallen (v. a. Cadmium und Blei) Belastungen des Bodens resultieren können.

2. Arten von Solarmodulen

Grundsätzlich kann man unterscheiden zwischen kristallinen Silizium-Modulen, Dünnschicht-Modulen und sonstigen Photovoltaikzellen (z. B. organische Solarzellen).

2.1 Kristalline Silizium-Module

Kristalline Silizium-Module bestehen aus monokristallinem (c-Si) oder multi- bzw. polykristallinem Silizium (mc-Si bzw. pc-Si). Je nach Kristallaufbau weisen die Sili-



Abbildung 2
kristalline Silizium-Module

zium-Einzelzellen (Wafer) Schichtdicken von 100 oder mehr μm auf ($1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$). Der elektrische Wirkungsgrad kristalliner Silizium-Solarmodule erreicht 14 [2] bis knapp 23 % [3].

2.2 Dünnschicht-Module

Bei Dünnschicht-Modulen wird im Gegensatz zu kristallinen Silizium-Modulen der Halbleiter als rund 2–10 μm dünne Schicht flächig auf ein geeignetes Trägermaterial (Glas, Metall oder Kunststoff) aufgebracht. Als Halbleiter sind *amorphes* oder *mikrokristallines Silizium* und *Nicht-Silizium-Verbindungen*, z. B. *Cadmiumtellurid* im Einsatz [2] [4].



Abbildung 3
CdTe-Dünnschichtmodule

- Der Halbleiter **amorphes Silizium (a-Si)** ist eine nicht-kristalline Form des Siliziums, **mikrokristallines Silizium ($\mu\text{-Si}$)** eine Mischphase aus sehr kleinen Siliziumkristallen und amorphem Silizium. Auf Grund

Tabelle 1
Preisindex für Solarmodule in €/Wp* (Großhandelspreise laut Handelsplattform pvXchange) [10]

Modultyp, Herkunft	Juni 2009	März 2010	Dez. 2010
Kristallin, Europa	2,45	1,93	1,75
Kristallin, China	2,03	1,50	1,55
Kristallin, Japan	2,42	1,90	1,71
Dünnschicht CdS/CdTe	1,64	1,57	1,38
Dünnschicht a-Si/ $\mu\text{-Si}$	1,89	1,36	1,22

* Die Leistung eines Solarmoduls oder einer Solarzelle wird in Watt-Peak (Wp) oder Kilowatt-Peak (1 kWp = 1000 Wp) angegeben. Es handelt sich um die maximale Nennleistung einer(s) Solarzelle/-moduls unter standardisierten (nicht idealisierten) Testbedingungen (Sonneneinstrahlung 1.000 W/qm bei senkrechtem Lichteinfall, Zell-/Modultemperatur 25°C, Windgeschwindigkeit 1 m/s, Luftmasse 1,5). Unter realen Bedingungen (z. B. bewölkter Himmel oder Erwärmung des Moduls) ist die Zell- bzw. Modulleistung geringer als die durch Peakleistung angegebene.

der ungeordneten Kristallstruktur, verbunden mit einem hohen Absorptionsvermögen, genügen bereits geringe Halbleiterschichtdicken (etwa um den Faktor 100 dünner als bei kristallinem Silizium). Neben der Materialersparnis sind diese Formen des Siliziums auch in der Herstellung günstiger als kristallines Silizium. Kombinierte Dünnschicht-Module aus amorphem und mikrokristallinem Silizium erreichen elektrische Wirkungsgrade von nur 5 bis 12 % [3].

- Bei **Nicht-Silizium-Halbleiter-Modulen** besteht die Halbleiterschicht aus unterschiedlichsten Materialien z. B. *Cadmiumtellurid (CdTe)*, *Cadmiumsulfid (CdS)* oder *Kupfer-Indium-(Gallium)-Schwefel-Selenverbindungen*. Zu letzteren gehören CIS-Module (Kupfer-Indium-Disulfid) und CIGS-Module (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid) [2] [5]. CdTe-Module weisen zwar einen geringeren elektrischen Wirkungsgrad (bis 11 %) auf als kristalline Silizium-Module, bei diffusen Lichtbedingungen und hohen Temperaturen ist ihr Leistungsabfall jedoch geringer. CIGS-Module erreichen Modul-Wirkungsgrade von 10–12 %, CIS-Module 10–17 % [2] [6] [7] [3].

2.3 Sonstige Photovoltaikzellen (z. B. organische Solarzellen)

Organische Solarzellen bestehen aus halbleitenden Kunststoffen. Der Zell-Wirkungsgrad liegt bei 6–8 % [2] [4] [8]. Aufgrund des schlechteren Wirkungsgrades spielen sie noch kaum eine Rolle. Organische Solarzellen sind jedoch günstig herzustellen und vielseitig einsetzbar.

3. Marktanteile der verschiedenen Solarmodule

Etwa 85 % aller jährlich (2010) hergestellten Solarmodule (insgesamt: 27.293 MWp¹) sind **kristalline Silizium-Module** (davon ca. 40 % aus monokristallinem und 60 % aus poly- bzw. multikristallinem Silizium) [9].

Bei **Dünnschicht-Modulen** sind CdTe-Module sowie die mit amorphem oder mikrokristallinem Silizium am weitesten verbreitet. Der Marktanteil der CdTe-Module ist aufgrund des geringeren Preises (siehe Tabelle 1) und der oben erwähnten Vorteile steigend. 2010 hatte die Produktion von CdTe-Dünnschichtmodulen einen Anteil von 5,3 % am globalen PV-Markt [9] (2009 sogar 9,0 %). Dagegen lag sie 2004 erst bei 1,1 % [9].

2010 lag der Anteil der **amorphen und mikrokristallinen Silizium-Dünnschichtmodule** am Weltmarkt bei 5 % [9].

CIGS-Module hatten 2010 nur einen Marktanteil von 1,6 % [9].

Unser monatlicher *E-Mail-Newsletter* hält Sie auf Wunsch und natürlich kostenlos über unser aktuelles Angebot in Ihrem Fachbereich auf dem Laufenden.

Einfach Ihre E-Mail-Adresse unter

www.ESV.info/newsletter.html

eingeben – und Sie sind dabei.

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85 - 275
www.ESV.info · ESV@ESVmedien.de

4. Welche Schadstoffe sind bei PV-Freiflächenanlagen zu erwarten?

Bei Solarmodulen auf Siliziumbasis (kristalline Silizium-Module und Dünnschicht-Module aus amorphem oder mikrokristallinem Silizium) ist der Halbleiter nur mit wenigen (Größenordnung 10^{-5}) Fremdatomen wie Bor (B), Indium (In), Aluminium (Al), Gallium (Ga), Phosphor (P), Arsen (As) oder Antimon (Sb) dotiert [2].

Nicht-Silizium-Halbleiter-Module enthalten v.a. Cadmiumtellurid und geringe Mengen Cadmiumsulfid als Halbleiter.

Um die elektrische Funktionsfähigkeit zu gewährleisten und die Einzelzellen miteinander zu einem Modul verbinden zu können, ist bei allen Typen von Solarzellen eine Vorder- und Rückseitenkontaktschicht erforderlich. Die Zellen sind oft mit verzinnnten Kupferbändern verbunden [11] [12].

Bei kristallinen Silizium-Modulen sind zur Vorder- und Rückseitenkontaktierung Metallisierungspasten aufgebracht, die Silber, Aluminium und Bleioxid (in der Glasfritte) enthalten. Für die Verlotung der Einzelzellen zum Gesamtmodul werden Zinn-Blei-Lote eingesetzt. Bei Dünnschichtmodulen erfolgt die Kontaktierung meist mittels Zinn- oder Zinkoxiden, Aluminium, Silber oder Molybdän.

Tabelle 2 zeigt die Mengen der bei der Entsorgung (Recycling) von ausgedienten Solarmodulen anfallenden Rest- und Schadstoffe.

Im Folgenden soll auf die besonders umweltrelevanten Metalle Cadmium und Blei näher eingegangen werden.

4.1 Wieviel Cadmium steht als CdTe bzw. CdS bei Nicht-Silizium-Halbleiter-Modulen auf 1 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF)? Ende der 90er Jahre werden von Steinberger [14] für **CdTe-Module** 7–66 g Cd (Summe Cd aus CdTe und CdS) und 7–33 g Te/m² Modulfläche angegeben, basierend auf einer Schichtdicke des Halbleiters von 2,5–12,5 µm (CdTe) bzw. 0,3–12,8 µm (CdS).

Aufgrund von Optimierungsbestrebungen der Hersteller solcher Module hat sich die Schichtdicke seitdem stark verringert auf derzeit 2,5–3,5 µm CdTe und 0,11–0,15 µm CdS [15]. Unter Abzug der nicht beschichteten Randflächen (nur ca. 80 % der Modulfläche ist mit dem Halbleiter beschichtet) errechnen sich damit je m² Modulfläche 12,4–17,4 g CdTe und 0,41–0,56 g CdS.

Bei Berücksichtigung der stöchiometrischen Zusammensetzung ergeben sich für eine Freiflächen-PV-Anlage mit CdTe-Modulen somit rechnerisch je m² Modulfläche 6,1–8,6 g Cd und 6,6–9,2 g Te.

In unseren Breitengraden sind je nach Topographie etwa 9–10 m² Modulfläche pro kWp notwendig [16]. Bei

einer Aufständering im Winkel von 30° und unter Berücksichtigung der nichtgenutzten Zwischenflächen zwischen den Reihen liegt die durchschnittliche Modulfläche in etwa bei 3000 m²/ha [17].

Damit stehen also rd. 18–26 kg Cd und 20–28 kg Te auf einem ha LF.

Auch CIS- und CIGS-Solar-Module enthalten geringe Mengen an Cadmiumsulfid (Durchschnittswerte nach Schindler [4]: 0,2–0,4 g Cd/m² Modulfläche), was etwa 1 kg Cd/ha LF entspricht.

4.2 Wieviel Blei steht bei kristallinen Silizium-Modulen auf 1 ha LF? Bei kristallinen Silizium-Solarmodulen ist aufgrund der verwendeten Front- und Rückseitenmetallisierung mit den in Tabelle 3 genannten Bleigehalten zu rechnen. Bei Verwendung bleihaltiger Kontaktierungsmittel ergeben sich somit je nach Rückseitenmetallisierung zwischen 1,2–1,8 kg Pb/ha (Zellvorder- und -rückseite Silber basiert) und 4,6–5,9 kg Pb/ha (Zellvorderseite Silber basiert, -rückseite Al basiert). Wie Tabelle 3 (Anwendungshäufigkeit) zeigt, wird nur in 30–50 % der Fälle auf die Zellrückseite eine Pb-haltige Metallisierung aufgebracht.

Blei ist insbesondere aber in den Blei-Zinn-Loten zum Verlöten der Silizium-Einzelzellen zum Gesamtmodul enthalten. Nach Wirth [19] ist hierfür rd. 10 g Blei je Modul (230 Wp, 100 x 160 cm) anzusetzen. Bei 3000 m² Modulfläche je ha entspricht dies ca. 19 kg Pb/ha.

5. Cadmium und Blei in Solarmodulen – eine Gefahr für landwirtschaftliche Böden und Pflanzen?

5.1. Aufbau der Solarmodule und Bindungsformen der Schadstoffe **Cadmium** liegt bei Nicht-Siliziumhalbleiter-Modulen nicht elementar, sondern als CdTe bzw. CdS gebunden vor. Diese Verbindungen erweisen sich als sehr stabil

Tabelle 2
Zusammensetzung von Alt-Photovoltaik-Modulen in Masse% (nach [13] verändert)

	kristalline Silizium-Module	amorphe Silizium-Module	CdTe-Module	CIS-Module
Glas	63	86	95,4	80
Al	19	12	< 0,01	12
Si/Te/In/Ga/Se	4 (Si)	< 0,1 (Si)	0,07 (Te)	0,02 (In) 0,01 (Ga) 0,03 (Se)
Cd	–	–	0,07	geringe Mengen
Organik	11	2	3,5	6
Cu (Kabel)	0,6	–	0,9	0,85
Ag	< 0,01	–	< 0,01	–
Sn	< 0,1	< 0,1	< 0,01	0,12
Pb	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1

	Gesamtmenge der verwendeten Metallisierungspasten [kg/MWp]	Blei-Konzentration in den Pasten [%]	Blei-Gehalt [kg/MWp]	Blei-Menge* [kg/ha] †	Anwendungshäufigkeit (2010) [%]
Zellvorderseite Silber basiert	40–60	bis 4	1,6–2,4	0,6–0,9	95–99
Zellrückseite Silber basiert	40–60	bis 4	1,6–2,4	0,6–0,9	20–30
Zellrückseite Aluminium basiert	280–350	bis 4	11,2–14	4–5	10–20

* Berechnungsgrundlage: Modul von 2 m² mit einer Leistung von ca. 240 Wp und einem Flächennutzungsgrad von 3000 m² Modulfläche pro ha (= 0,36 MWp/ha);
Quelle: Angaben aus DuPont Firmenpräsentation [18]

Tabelle 3
Menge und Anwendungshäufigkeit bleihaltiger Kontaktierungsmittel bei kristallinen Silizium-Solarmodulen

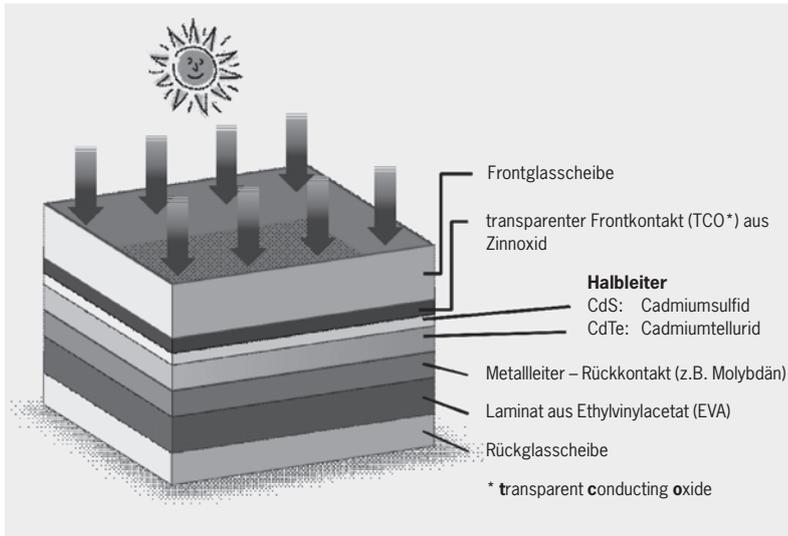
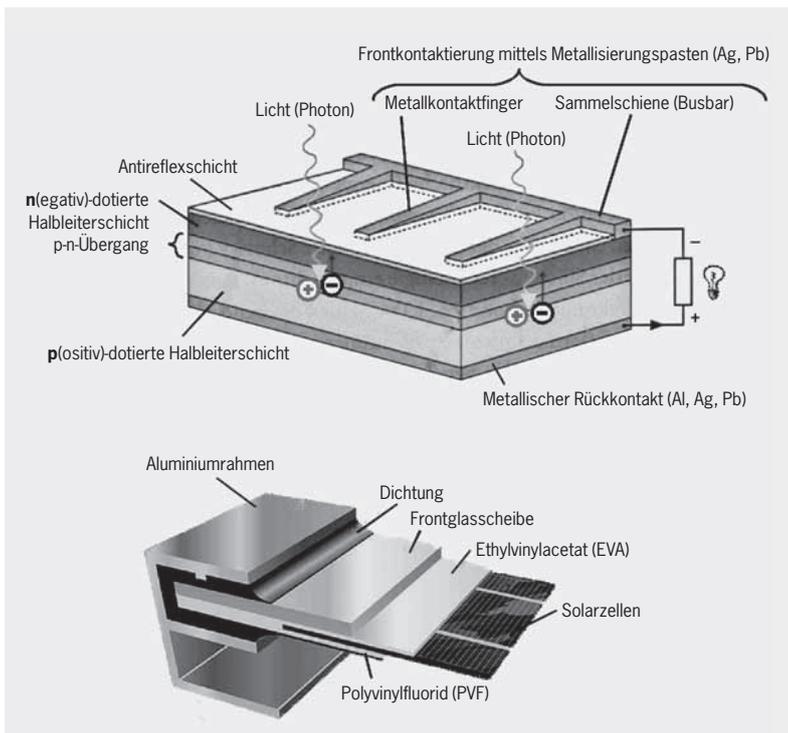


Abbildung 4
Beispiel für den Aufbau eines CdTe-/CdS-Dünnschicht-Solarmoduls

und äußerst gering wasserlöslich [20] [21]. Da die Halbleiterschicht, samt Kontakten und Verbindern, von einer Glasverbundfolie sowie einer Front- und Rückglasscheibe umgeben ist, ist sie nicht unmittelbar der Witterung ausgesetzt (siehe Abbildung 4). Ein direkter Cadmиеintrag von intakten Modulen in den Boden ist daher nach derzeitigem Kenntnisstand bauartbedingt nicht zu erwarten [21].

Kristalline Silizium-Module werden ebenfalls laminiert, z. B. mit Ethylvinylacetat (EVA) und Polyvinylfluorid (PVF) und sind zusätzlich von einer Frontglasscheibe umgeben (siehe Abbildung 5). Die meisten Modelle sind aber nicht mit einer zusätzlichen Rückglasabdeckung ausgestattet. Auch bei kristallinen Silizium-Modulen ist somit das Blei/Bleioxid aus den Metallisierungspasten und den Lötstellen nicht unmittelbar der Witterung ausgesetzt. Ein direkter Bleieintrag von intakten Modulen in den

Abbildung 5
Beispiel für den Aufbau einer kristallinen Silizium Solarzelle (oben) und eines Silizium Moduls (unten) [25] [26]



Boden ist nach derzeitigem Kenntnisstand bauartbedingt ebenfalls nicht zu erwarten.

In letzter Zeit kommen vermehrt bleifreie Kontaktierungen und Lote zum Einsatz. [22] [23] [18] [24].

Häufig wird die Frage gestellt, ob bei einer eventuellen Beschädigung/Zerstörung der Solarmodule durch Hagel oder Brand Cadmium und/oder Blei freigesetzt wird und damit in den Boden oder die Pflanzen gelangen kann. Hierzu finden sich in der Literatur v.a. Elutionsversuche, die im Zusammenhang mit Deponierung oder Recycling von Solarmodulen durchgeführt wurden.

5.2. Verfügbarkeit von Cadmium und Blei – Ergebnisse von Elutionsversuchen

Steinberger (1998) hat in einem Worst-Case-Szenario stark zerkleinerte CdTe-Moduleile (10 mm Bruchstücke) der Witterung ausgesetzt, um mögliche Auswaschungen zu untersuchen [14]. Die Fragmente stammten von einem CdTe-Solarmodul mit 8 g Cd/m² Modulfläche, was einer Schichtdicke von 3,1 µm CdTe und 0,4 µm CdS entspricht. Im Vergleich zu heute üblichen Schichtdicken liegen sie damit bei CdTe im oberen Bereich, bei CdS etwa um Faktor 3 höher (s. Kap. 4.1.). Er beließ die Modulfragmente für ein Jahr auf dem Boden und stellte fest, dass sich der Gehalt an Cadmium im Oberboden um 0,24 mg/kg erhöhte. Das entspricht bei einer Oberbodenmächtigkeit von 30 cm und einer angenommenen Dichte des Bodens von 1,4 t/m³ einem Eintrag von rd. 1 kg Cd/ha.

Im Vergleich dazu beträgt der Hintergrundwert für Cadmium in bayerischen Oberböden unter landwirtschaftlicher Nutzung (Acker und Grünland) bei typischen Lehmböden rd. 0,4 mg/kg Boden [27] und der durchschnittliche jährliche Cadmиеintrag aus der Luft in ländlichen Gebieten Bayerns 0,4 g Cd/ha (2001) [28].

Vom norwegischen, geotechnischen Institut (NGI) wurden 2010 Auslaugungsversuche mit CdTe-Modulbruchstücken (Schichtdicke CdTe 2 µm, CdS 0,05 µm) durchgeführt [29] [30]. Die auf <4 mm zerkleinerten CdTe-Module wiesen einen Gesamtgehalt von 383 mg Cd/kg CdTe-Modulmaterial auf. Mittels deionisiertem Wasser durchgeführte Schüttel- und Säulenversuche ergaben geringe Cadmiumgehalte (Schüttelversuch: 0,73 mg/kg CdTe-Modulmaterial bei pH 9,6, Säulenversuch: <0,002 mg/l (Wasser/CdTe-PV-Modul-Feststoffverhältnis = 0,1) bei pH 10,3).

Demgegenüber wies der zur Bestimmung des maximalen Auslaugungspotentials durchgeführte Elutionsversuch erheblich höhere Cadmiumwerte auf mit einem deutlichen Anstieg bei abnehmendem pH-Wert:

- ◆ bei destilliertem Wasser: 26,4 mg/kg CdTe-Modulmaterial (pH 7,7)
- ◆ nach Zugabe von Salpetersäure: 109,7 mg (pH 6,8) sowie 154,3 mg (pH 3,2) je kg CdTe-Modulmaterial.

Die Versuche belegen die bekannte, starke Zunahme der Cadmium-Verfügbarkeit bei pH-Werten < 7.

Die 2010 an den Sierra Analytical Labs, Kalifornien mit CdTe-Modulbruchstücken (<2 mm) durchgeführten Elutionsversuche erbrachten vergleichbare Ergebnisse [29] [31].

Auch für **multikristalline Siliziummodule** (mc-Si) wurden vom NGI Auslaugungsversuche durchgeführt [32].

Die mc-Si-Modulbruchstücke (< 4 mm) wiesen einen Gesamtgehalt von 576 mg Pb/kg mc-Si-Modulmaterial auf. Mittels deionisiertem Wasser durchgeführte Schüttel- und Säulenversuche ergaben relativ geringe Blei-Gehalte (Schüttelversuch: 1,4 mg/kg mc-Si-Modulmaterial bei pH 9,0, Säulenversuch: 0,008 mg/l (W/F = 0,1) bei pH 9,8).

Demgegenüber wies der zur Bestimmung des maximalen Auslaugungspotentials durchgeführte Elutionsversuch erheblich höhere Bleiwerte auf, ebenfalls mit einem deutlichen Anstieg bei abnehmendem pH-Wert:

- ◆ bei destilliertem Wasser:
Bleigehalt < Quantifizierungsgrenze (pH 8,5)
- ◆ nach Zugabe von Salpetersäure:
74 mg (pH 5,9) sowie 520 mg (pH 3,8) je kg mc-Si-Modulmaterial.

Auch dieser Versuch belegt den deutlichen Anstieg der Verfügbarkeit von Pb bei pH Werten < 4.

Die am NGI und den Sierra Analytical Labs durchgeführten Untersuchungen stellen einen Extremfall der möglichen Schadstoffauslaugung dar, wie er für die Abfalleinstufung im Falle der Deponierung simuliert wird.

5.3. Was passiert bei Hagel? Was passiert bei Brand?

Im Fall einer Beschädigung des Moduls durch Hagel ist für die Frage der Freisetzung von Cadmium und/oder Blei entscheidend, ob die Halbleiterschicht bzw. die Kontakte und Lötstellen der Witterung ausgesetzt sind. In der Praxis dürften feine Risse in der Glasoberfläche entstehen, durch die eventuell Wasser eindringen kann. Auf PV-Freiflächenanlagen ist wohl kaum von einer Zerstörung der Module in so kleine Modulfragmente auszugehen, wie sie für die Elutionsversuche erzeugt wurden. In Solarmodulen werden in der Regel hagelgeprüfte Frontglasscheiben eingebaut. Zusätzlich schützt die Folienlaminierung auch bei Glasbruch vor einer Schadstoff-Freisetzung. Auch ist zu beachten, dass es bei den Schüttelversuchen zu einem mechanisch bedingten Abrieb der CdTe-Beschichtung kommen kann, was ebenfalls bei in Freiflächenanlagen auftretenden Modulbrüchen nicht zu erwarten ist.

Für den seltenen Fall eines Brandes (z. B. infolge eines Blitzeinschlages) ist aufgrund des sehr hohen Schmelzpunktes von CdTe (1041 °C [20]) bei einer angenommenen Feuertemperatur von 800–1000 °C², lediglich von einer sehr geringen Cd-Freisetzung auszugehen [33]. CdS kann jedoch bereits bei Temperaturen über 444°C zersetzt werden. Da der Halbleiter zwischen Glasplatten gekapselt ist, werden CdTe/CdS in der Glasschmelze weitgehend eingeschlossen [34].

Zum Verhalten von kristallinen Silizium-Modulen im Brandfall liegen uns keine Untersuchungsergebnisse vor.

Je nach Grad der Beschädigung durch Hagel oder Brand und Verweildauer auf der Anlagenfläche kann eine Auslaugung von Blei und/oder Cadmium nicht gänzlich ausgeschlossen werden. [14]. Defekte Module sollten deshalb im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes nicht länger auf der Anlagenfläche verbleiben. Die Industrie bietet hierfür ein geordnetes Recyclingsystem an (z. B. PV Cycle Association). Ein Austausch defekter Module liegt auch im Eigeninteresse des Betreibers, um Leistungseinbußen und eine geringere Rendite der PV-Anlage zu verhindern.

6. Stecken in Aufständerungen und Installationen von PV

Anlagen weitere Schadstoffe?

Für Aufständerungen und Geländeumzäunungen von PV-Freiflächenanlagen werden unterschiedliche Materialien eingesetzt (Holz, Beton, Aluminium, feuerverzinktes Eisen, Kunststoffe). Ausschlaggebend für die Materialwahl sind Rückbaubarkeit, Haltbarkeit und Kosten. Die Konstruktionen sind flächenmäßig eng begrenzt. Die Gefahr einer stofflichen Beeinträchtigung des Bodens wird daher als sehr gering eingeschätzt [35].

Dies gilt auch für die Elektroinstallationen (Trafohäuschen, unter- und oberirdische Kabelzuleitungen, Wechselrichter o. ä.). Die Kupferkabel sind ummantelt, Trafos und Wechselrichter gekapselt. Die Ansprüche, die an Kabel für PV-Anlagen gestellt werden, sind deutlich höher als bei sonstigen Installationen für Wechselstrom-Geräte. Vorgeschrieben sind doppelt isolierte Kabel. Die Kabel müssen extremen Witterungsbedingungen (Schutz gegen Feuchtigkeit, UV-Beständigkeit) standhalten können [36].

7. Fazit und Ausblick

Die Gefahr einer Bodenkontamination durch PV-Anlagen mit Blei oder Cadmium wird bei intakten Solarmodulen bauartbedingt nach derzeitigem Kenntnisstand als sehr gering eingestuft. Sind Halbleiterschicht, Kontakte oder Verlötlungen der Witterung ausgesetzt, z. B. bei durch Hagel oder Brand beschädigten Modulen, sollten diese aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes nicht längere Zeit auf der Anlagenfläche verbleiben. Eine Auslaugung von Blei oder Cadmium kann in diesen Fällen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Es bleibt abzuwarten, welche Halbleitertechnologien sich auf dem Markt künftig behaupten werden. Bei der Diskussion um die Aufnahme der Photovoltaik in die RoHS-Richtlinie („Restriction of the use of certain Hazardous Substances“) [37] im Sommer 2010 gab es deutliche Stimmen für den Einsatz schadstofffreier Produkte bei PV-Anlagen. Die in letzter Zeit vermehrt zum Einsatz kommenden, bleifreien Kontaktierungen und Lote sind ein Schritt in diese Richtung.

Literatur

- [1] Bucher, M. (2006): Solarpark Pocking, Martin Bucher Projektentwicklungen, <http://www.martin-bucher.de>, 16. 5. 2011.
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarzelle> (15. 3. 2011).
- [3] BINE-Themeninfo III/05: Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen und Modulen (2005), BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe GmbH, www.bine.info.
- [4] Sander, K., Zangl, S., Reichmuth, M., Schröder, G. (2003): Requirements regarding material properties and disposal of photovoltaic products, UBA-Fachberichte.
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/CIGS-Solarzelle> (21. 2. 2011).
- [6] mündliche Auskunft von Herrn Willi Kirchensteiner (2010), Bildungszentrum für Solartechnik der Landeshauptstadt München.
- [7] Tiwari, A. N., Haug, F.-J., Zogg, H. (2000): Neue Möglichkeiten durch Dünnschicht-Solarzellen, Bulletin SEV/VSE, 10/00.
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik> (16. 3. 2011).
- [9] www.photon.de (2011): Das Jahr des Tigers (2010 wurden mehr Solarzellen produziert als in den vier vorherigen Jahren zusammen), Photon, April 2011.
- [10] Preisindex für Solarmodule (2011), <http://www.solarserver.de/service-tools/photovoltaik-preisindex.html>.
- [11] Rentzing, S. (2010): Solar-Konzerne kämpfen um ihr grünes Image, Artikel in der Zeitschrift Spiegel vom 25. 4. 2010, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,688779,00.html>.
- [12] De Wild-Scholten, M. (2004): Towards cleaner Solar PV, Refocus Sept./Okt. 2004, Elsevier, S. 46–49.
- [13] Sander, K. et al. (2007): Studie zur Entwicklung eines Rücknahme- und Verwertungssystems für Photovoltaische Produkte, Ökopool, November 2007, http://www.pvcycle.org/fileadmin/pvcycle_docs/

- documents/publications/Studie_PVCycle_Download_17_de_270808.pdf.
- [14] Steinberger, H. (1998): Health, safety and environmental risks from the operation of CdTe and CIS thin-film modules, Progress in Photovoltaics, Vol. 6, Issue 2, S. 99–103.
- [15] Auskunft von Herrn Andreas Wade (2011), Director Sustainable Development, First Solar GmbH.
- [16] <http://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik-solaranlagen/glossar/kWp.htm> (16. 5. 2011).
- [17] Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg GL 3: Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Stand der Planung (Januar 2010), http://gl.berlin-brandenburg.de/imperia/md/content/bb-gl/energie/presentationen_gesamt.pdf.
- [18] Weigand, P. (2010): Status of lead free solar cell metalizations for the PV industry, EPIA Sustainability Working Group Meeting, Brüssel, 18. 11. 2010.
- [19] Wirth, H. (2011): E-Mail-Auskunft von Dr. Harry Wirth, Division Director Photovoltaic Modules, Systems and Reliability, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg.
- [20] GESTIS-Stoffdatenbank (Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften) (16. 5. 2011): <http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/stoffdb/index.jsp>.
- [21] Jäger-Waldau, A. (2009): Peer Review of Major Studies on the Environmental Profile of Cadmium Telluride (CdTe) Photovoltaic (PV) Systems, European Commission, DG JRC, Institut of Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, Ispra (Italien).
- [22] Diermann, R. (2011): Blei bleibt beliebt, Photovoltaik Magazin, <http://www.photovoltaik.eu, 04/2011>.
- [23] <http://www.materialsgate.de/de/mnews/4818/Verbesserte+Metallisierung+von+Wafern+f%C3%BCr+kristalline+Solarzellen.html> (16. 5. 2011): Verbesserte Metallisierung von Wafern für kristalline Solarzellen, MaterialNews vom 18. 9. 2009.
- [24] http://www.isfh.de/institut_solarforschung/leitfaehige-kleber.php (2009): Modulherstellung mit leitfähig geklebten Zellverbindern.
- [25] <http://www.brunnmeier.de/Photovoltaik/VergleichDaten/Zellaufbau.JPG> (16. 5. 2011).
- [26] <http://www.sunbeam-berlin.de> (2011).
- [27] Bayerisches Landesamt für Umwelt (1998): Hintergrundwerte anorganischer Schadstoffe in Böden Bayerns.
- [28] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2003): Immissionsökologischer Bericht 2000–2001, Augsburg.
- [29] Saurat, M., Ritthoff, M. (2010): Appraisal of laboratory analyses conducted on CdTe photovoltaic modules, Wuppertal Institute, [http://www.nts.a.eu/resources/Wuppertal+Institute+CdTe+lab+test+s+appraisal\\$2C+Aug+2010+final.pdf](http://www.nts.a.eu/resources/Wuppertal+Institute+CdTe+lab+test+s+appraisal$2C+Aug+2010+final.pdf).
- [30] Okkenhaug, G. et al. (2010): Environmental risks regarding the use and end-of-life disposal of CdTe PV modules, Report des Norwegian Geotechnical Institutes (NGI) vom 16. 4. 2010.
- [31] Forsyth, R. K. (2010): Ergebnisse aus der Untersuchung von CdTe-Solarmodulen an den Sierra Analytical Labs, Inc. in Laguna Hills, Kalifornien im Auftrag der Non-Toxic Solar Alliance e. V. (NTSA), Berlin vom 22. Juli 2010, <http://www.nts.a.eu/resources/1-NTSA-Test-Background-Narrative.pdf>.
- [32] Arp, H. P. et al. (2010): Leaching from mc-Si PV module material – results from batch, column and availability tests. Comparison with thin film CdTe PV modules, Report des Norwegian Geotechnical Institutes (NGI) vom 25. 11. 2010.
- [33] Fthenakis, V. M. (2004): Life cycle impact analysis of cadmium in CdTe PV production, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 8 (2004) S. 303-334, Elsevier Verlag.
- [34] Fthenakis, V. M., Fuhrmann, M., Heiser, J., Lanzirrotti, A., Fitts, J., Wang, W. (2005): Emissions and Encapsulation of Cadmium in CdTe PV Modules during Fires, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Wiley InterScience, Heft 13, S. 1–11.
- [35] <http://www.iwoe.de/KorrpdfUVPHTMLAufsatzNeu8-11-06.html> (16. 5. 2011).
- [36] <http://www.solarstromerzeugung.de/kabel-photovoltaik.html> (16. 5. 2011).
- [37] Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.

Anschriften der Autoren

Dipl.-Umweltwissenschaftler Titus Ebert

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau
und Bodenschutz – Arbeitsgruppe Bodenschadstoffe
Lange Point 12, 85354 Freising
Tel. (0 81 61) 71-44 69, Fax (0 81 61) 71-40 06
E-Mail: titus.ebert@lfl.bayern.de

Dipl.-Geographin Christa Müller

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau
und Bodenschutz – Arbeitsgruppe Bodenschadstoffe
Lange Point 12, 85354 Freising
Tel. (0 81 61) 71-44 74, Fax. +49 (0)8161/71-4006
E-Mail: christa.mueller@lfl.bayern.de

¹ MWp (Megawatt-Peak) = 1.000 kWp (Kilowatt-Peak) = 1.000.000 Wp (Watt-Peak); zur Erklärung des Begriffs Watt-Peak siehe Fußnote unter Tabelle 1

² Feuerraumtemperatur eines durchschnittlichen Hausbrandes

Nutzen Sie schon www.BODENSCHUTZdigital.de?



Mehr zum eJournal unter:

 www.BODENSCHUTZdigital.de

*Für Abonnenten der Printausgabe kostenfrei:
Das eJournal von Bodenschutz*

Lesen Sie auf www.BODENSCHUTZdigital.de das aktuelle Gesamtheft oder Einzelbeiträge, die Sie besonders interessieren. Natürlich sind auch Downloads möglich.

Besonderes Plus – das Archiv

Hier finden Sie alle Ausgaben seit dem Jahr 2004 und können Einzelbeiträge beziehen. Abonnenten recherchieren hier kostenlos!

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 · 10785 Berlin
Fax: (030) 25 00 85 - 275 · www.ESV.info · ESV@ESVmedien.de



Das neue BNatSchG – vollständig kommentiert



Mit dem BNatSchG 2010 gelten erstmals deutschlandweit einheitliche, unmittelbare Vorschriften. Die Bundesländer dürfen jedoch vom BNatSchG 2010 in gewissen Grenzen abweichen bzw. es mittels sog. Öffnungsklauseln ergänzen. Hier unterstützt der neue Berliner Kommentar BNatSchG den Praktiker:

- ▶ **Ein erfahrenes Autorenteam** aus Anwälten, Verbandsjuristen, Ministerialbeamten, Hochschullehrern und Richtern sorgt für eine ausgewogene, praxisgerechte Kommentierung.
- ▶ **Den Blick aufs Ganze** gewährleistet die Einbeziehung der landesrechtlichen Regelungen sowie der europarechtlichen und umweltpolitischen Hintergründe.
- ▶ **Besonders praxisrelevante Materien** wie Eingriffsregelung und FFH-Verträglichkeitsprüfung sind vor dem Hintergrund aktueller Rechtsprechung ausführlich dargestellt.

BNatSchG

Bundesnaturschutzgesetz

Herausgegeben von Prof. Dr. jur. Walter Frenz
und Prof. Dr. jur. Hans-Jürgen Müggenborg

2011, LVIII, 1.281 Seiten, fester Einband, €(D) 138,-

ISBN 978-3-503-12665-1

Berliner Kommentare

Weitere Informationen:

 www.ESV.info/978-3-503-12665-1



ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Kronos Solar Projects

Samenvatting Schadstoffe in Photovoltaik - Freiflächenanlagen

Om een uitspraak te kunnen doen over de kans op uitlozing van zonnepanelen te kunnen inschatten, is onderzoek naar de technische en chemische eigenschappen van individuele zonnepanelen noodzakelijk. Hieronder wordt een samenvatting gegeven van een onderzoek dat naar aanleiding van het gebruik van zonnepanelen op argiculturele gronden de kans op uitlozing van zonnepanelen in de bodem bestudeert.¹

De meest gebruikte zonnepanelen zijn geproduceerd op basis van silicium (ca. 90%). De halfgeleider in het paneel is slechts met zeer geringe onzuiverheden gedotterd. Andere elementen van een zonnepaneel, zoals de elektrische contacten en soldeer bevatten vaak silver, tin en grotere hoeveelheden lood (=20-25kg/ha voor een gemiddeld module oppervlakte van 3000m² per hectare).

Zonnepanelen op basis van kristalijn silicium bestaan uit monokristalijn of multi- respectievelijk polykristalijn silicium. De efficiëntie van kristalijn silicium ligt rond de 14% tot 23%.

Dunne film zonnepanelen maken gebruik van cadmium telluride (CdTe) en cadmium sulfide (CdS) als halfgeleiders. Dunnefilm zonnepanelen bevatten 18-26kg cadmium per hectare.

Hoewel deze meestgebruikte vormen van zonnepanelen dus schadelijke stoffen als silver, lood en cadmium bevatten, is de uiteindelijke uitlozing hiervan onwaarschijnlijk. Ten eerste omdat de schadelijke stoffen in verbinding met andere chemische stoffen gebruikt worden – zo word cadmium gebruikt in een CdTe of CdT verbinding, die zeer slecht oplosbaar zijn. Daarnaast is het ook zo, dat deze Cadmiumverbinding tussen vele andere lagen middenin het zonnepaneel aangebracht is, afgesloten van een glaslaag aan de voor- en achterkant van het paneel. Wanneer bij polykristallijne silicium panelen o.a. lood of loodoxide als geleider gebruikt wordt, is deze eveneens ingebouwd tussen verschillende andere glas- en/of metaallagen. Hierdoor is direct contact met de omgeving en resulterende verwerking van het materiaal niet te verwachten. De kans op eventuele uitloging als gevolg daarvan is daardoor miniem.

Toch blijft de vraag bestaan hoe groot de kans op uitloging is als er beschadigingen op de panelen, (b.v. door hagel of brand) is. Om dat te onderzoeken zijn verschillende experimenten doorgevoerd, waarbij zeer kleine fragmenten van zonne-panelen met schadelijke stoffen direct en voor langere tijd aan verweringsfactoren blootgesteld werden. Het aandeel Cadmium wat bij dit experiment uiteindelijk in de bodem terecht kwam had zich na een jaar met 0,24mg/kg verhoogd. Ook andere experimenten wijzen uit, dat wanneer zeer kleine fragmenten van het schadelijk materiaal in het paneel direct aan verweringsfactoren zoals (zuur)water kleine spraak van uitloging is. Bij beschadiging van de panelen is echter rekening te houden met het feit dat de zeer kleine paneelfragmenten die bij de experimenten gebruikt zijn, enkel door toedoen van het bewust breken van de panelen veroorzaakt worden. Fragmenten van dergelijk kleine schaal zijn onmogelijk door hagel of brand te creëren, o.a. door aanbrengen van hagel en brandbeveiliging van de glaslagen op de panelen. Hierdoor zullen kleine barsten in de panelen ontstaan

¹ Ebert, T en C. Müller, Schadstoffe in Photovoltaik-Freiflächenanlagen – eine Gefahr für den Boden?, in Bodenschutz 3 – Erneuerbare energien (maart 2011)

Kronos Solar Projects

en als gevolg daarvan kleine delen van de schadelijke lood of cadmiumlagen blootgesteld kunnen worden aan verwerking, maar is de directe invloed ervan veel kleiner als bij de hierboven beschreven experimenten. Daarnaast zal de kans op verwerking niet voor een jaar plaats kunnen vinden, bij beschadiging van de

panelen van een zonnepark worden deze zo snel mogelijk vervangen omdat ook de energieproductie direct negatief gevolg hiervan ondervindt. Als laatste valt te bemerken dat de onderconstructie van grondgebonden zonneparken zijn zeer beperkt in het oppervlakte wat in direct contact met de bodem staat. Het risico op een negatieve impact op de bodem veroorzaakt door materiaaldegradatie wordt daarom eveneens als zeer laag ingeschat.

Het valt te verwachten dat in de toekomst het gebruik van lood en cadmium voor zonnepanelen helemaal uitgesloten wordt. Tot die tijd volstaan bovenstaande studieresultaten om te kunnen vaststellen dat zonnepanelen een zeer gering risico op uitloging meedragen.

Schadstoffe in Photovoltaik – Freiflächenanlagen

Eine Gefahr für den Boden?

Titus Ebert und Christa Müller



Titus Ebert

Dipl.-Umweltwissenschaftler; Studium der Umweltsicherung an der Hochschule Weihenstephan und der Umweltwissenschaften an der Universität Koblenz; seit 2001 Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe „Bodenschadstoffe“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.



Christa Müller;

Dipl.-Geographin; Studium der Physischen Geographie an der LMU München mit Schwerpunkt Bodenkunde; seit 1985 an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft tätig; seit 1997 Leiterin der Arbeitsgruppe „Bodenschadstoffe“.

Zusammenfassung

Bei den am meisten verbreiteten Solarmodulen auf Siliziumbasis (ca. 90 %) ist der Halbleiter nur mit wenigen Fremdatomen dotiert. Kontakte und Lötstellen enthalten jedoch meist Silber, Zinn und größere Mengen Blei (bei einer durchschnittlichen Modulfläche von 3000 m² pro ha sind 20–25 kg/ha anzusetzen). Bei Dünnschicht-Solarmodulen wird v. a. schwer lösliches Cadmiumtellurid (CdTe) und geringe Mengen Cadmiumsulfid (CdS) als Halbleiter verwendet; trotz der nur wenige µm dünnen Halbleiterschicht ergeben sich pro ha 18–26 kg Cadmium.

Halbleiterschicht, Kontakte und Verbindungsbänder sind bei handelsüblichen Solarmodulen folienlaminiert und von einer Frontglasscheibe sowie bei den CdTe-Modulen üblicherweise zusätzlich von einer Rückglasscheibe umgeben. Von intakten Modulen ist nach derzeitigem Kenntnisstand daher bauartbedingt kein Cadmium- und Bleieintrag in den Boden zu erwarten. Nur im Falle einer sehr starken Beschädigung des Moduls durch Hagel oder Brand ist eine Cadmium- oder Bleifreisetzung nicht gänzlich auszuschließen. Defekte Module sollten deshalb im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes nicht für längere Zeit auf der Anlagenfläche verbleiben.

- ◆ Schlagwörter: Photovoltaik-Freiflächenanlagen, Blei, Cadmium, Cadmiumtellurid, Silizium-Solarmodule, Dünnschichtmodule, Bodenschutz

Summary

The most common solar modules are based on silicon (approx. 90 %); the semiconductor is spiked only with few crystal impurities. Electrical contacts and solders often contain silver, tin and larger quantities of lead (= 20–25 kg/ha on an average area of solar modules of 3000 m² per hectare). Thin-film solar modules are built with particularly low soluble cadmiumtelluride (CdTe) and a low amount of cadmiumsulfide (CdS) as semiconductors. However, the thin film of the semiconductor (thickness of only a few µm) contains 18–26 kg cadmium per hectare.

In common solar modules, the semiconductor, the electrical contacts and the copper busbars are foil-laminated and enclosed by a face glass panel. Usually CdTe-modules have an additional back glass panel. When the module is intact, according to the state of knowledge no soil contamination by cadmium or lead has to be expected.

Only in case of strong damages by hail or fire it cannot be fully excluded, that cadmium or lead will be leached. In terms of precautionary soil protection damaged modules should not be left on the site for a longer period of time.

- ◆ Keywords: photovoltaic power plants, lead, cadmium, cadmiumtelluride, silicon solar modules, thin-film solar modules, soil protection

1. Einleitung

Photovoltaik (PV)-Freiflächenanlagen sind in den letzten Jahren mancherorts wie Pilze aus dem Boden geschossen. Da die Freiflächenanlagen in der Regel nur mit 30 bis 40 % ihrer Fläche mit PV-Modulen bedeckt sind, kann sich zwischen den Reihen eine Grasnarbe ausbilden, die gemäht oder mit Schafen abgeweidet werden kann. Auch eine Freilandtierhaltung mit Geflügel, Rindern oder Pferden ist bei entsprechender technischer Anpassung, der Höhe der PV-Module und der Robustheit der Aufständungen möglich.



Abbildung 1
Solarpark Pocking mit Schafbeweidung [1]

Im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen von PV-Anlagen wurde die Frage aufgeworfen, ob aus den in Modulen, Lötstellen oder Aufständungen enthaltenen Schwermetallen (v. a. Cadmium und Blei) Belastungen des Bodens resultieren können.

2. Arten von Solarmodulen

Grundsätzlich kann man unterscheiden zwischen kristallinen Silizium-Modulen, Dünnschicht-Modulen und sonstigen Photovoltaikzellen (z. B. organische Solarzellen).

2.1 Kristalline Silizium-Module

Kristalline Silizium-Module bestehen aus monokristallinem (c-Si) oder multi- bzw. polykristallinem Silizium (mc-Si bzw. pc-Si). Je nach Kristallaufbau weisen die Sili-



Abbildung 2
kristalline Silizium-Module

zium-Einzelzellen (Wafer) Schichtdicken von 100 oder mehr μm auf ($1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$). Der elektrische Wirkungsgrad kristalliner Silizium-Solarmodule erreicht 14 [2] bis knapp 23 % [3].

2.2 Dünnschicht-Module

Bei Dünnschicht-Modulen wird im Gegensatz zu kristallinen Silizium-Modulen der Halbleiter als rund 2–10 μm dünne Schicht flächig auf ein geeignetes Trägermaterial (Glas, Metall oder Kunststoff) aufgebracht. Als Halbleiter sind *amorphes* oder *mikrokristallines Silizium* und *Nicht-Silizium-Verbindungen*, z. B. *Cadmiumtellurid* im Einsatz [2] [4].



Abbildung 3
CdTe-Dünnschichtmodule

- Der Halbleiter **amorphes Silizium (a-Si)** ist eine nicht-kristalline Form des Siliziums, **mikrokristallines Silizium ($\mu\text{-Si}$)** eine Mischphase aus sehr kleinen Siliziumkristallen und amorphem Silizium. Auf Grund

Tabelle 1
Preisindex für Solarmodule in €/Wp* (Großhandelspreise laut Handelsplattform pvXchange) [10]

Modultyp, Herkunft	Juni 2009	März 2010	Dez. 2010
Kristallin, Europa	2,45	1,93	1,75
Kristallin, China	2,03	1,50	1,55
Kristallin, Japan	2,42	1,90	1,71
Dünnschicht CdS/CdTe	1,64	1,57	1,38
Dünnschicht a-Si/ $\mu\text{-Si}$	1,89	1,36	1,22

* Die Leistung eines Solarmoduls oder einer Solarzelle wird in Watt-Peak (Wp) oder Kilowatt-Peak (1 kWp = 1000 Wp) angegeben. Es handelt sich um die maximale Nennleistung einer(s) Solarzelle/-moduls unter standardisierten (nicht idealisierten) Testbedingungen (Sonneneinstrahlung 1.000 W/qm bei senkrechtem Lichteinfall, Zell-/Modultemperatur 25°C, Windgeschwindigkeit 1 m/s, Luftmasse 1,5). Unter realen Bedingungen (z. B. bewölkter Himmel oder Erwärmung des Moduls) ist die Zell- bzw. Modulleistung geringer als die durch Peakleistung angegebene.

der ungeordneten Kristallstruktur, verbunden mit einem hohen Absorptionsvermögen, genügen bereits geringe Halbleiterschichtdicken (etwa um den Faktor 100 dünner als bei kristallinem Silizium). Neben der Materialersparnis sind diese Formen des Siliziums auch in der Herstellung günstiger als kristallines Silizium. Kombinierte Dünnschicht-Module aus amorphem und mikrokristallinem Silizium erreichen elektrische Wirkungsgrade von nur 5 bis 12 % [3].

- Bei **Nicht-Silizium-Halbleiter-Modulen** besteht die Halbleiterschicht aus unterschiedlichsten Materialien z. B. *Cadmiumtellurid (CdTe)*, *Cadmiumsulfid (CdS)* oder *Kupfer-Indium-(Gallium)-Schwefel-Selenverbindungen*. Zu letzteren gehören CIS-Module (Kupfer-Indium-Disulfid) und CIGS-Module (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid) [2] [5].

CdTe-Module weisen zwar einen geringeren elektrischen Wirkungsgrad (bis 11 %) auf als kristalline Silizium-Module, bei diffusen Lichtbedingungen und hohen Temperaturen ist ihr Leistungsabfall jedoch geringer.

CIGS-Module erreichen Modul-Wirkungsgrade von 10–12 %, CIS-Module 10–17 % [2] [6] [7] [3].

2.3 Sonstige Photovoltaikzellen (z. B. organische Solarzellen)

Organische Solarzellen bestehen aus halbleitenden Kunststoffen. Der Zell-Wirkungsgrad liegt bei 6–8 % [2] [4] [8]. Aufgrund des schlechteren Wirkungsgrades spielen sie noch kaum eine Rolle. Organische Solarzellen sind jedoch günstig herzustellen und vielseitig einsetzbar.

3. Marktanteile der verschiedenen Solarmodule

Etwa 85 % aller jährlich (2010) hergestellten Solarmodule (insgesamt: 27.293 MWp¹) sind **kristalline Silizium-Module** (davon ca. 40 % aus monokristallinem und 60 % aus poly- bzw. multikristallinem Silizium) [9].

Bei **Dünnschicht-Modulen** sind CdTe-Module sowie die mit amorphem oder mikrokristallinem Silizium am weitesten verbreitet. Der Marktanteil der CdTe-Module ist aufgrund des geringeren Preises (siehe Tabelle 1) und der oben erwähnten Vorteile steigend. 2010 hatte die Produktion von CdTe-Dünnschichtmodulen einen Anteil von 5,3 % am globalen PV-Markt [9] (2009 sogar 9,0 %). Dagegen lag sie 2004 erst bei 1,1 % [9].

2010 lag der Anteil der **amorphen und mikrokristallinen Silizium-Dünnschichtmodule** am Weltmarkt bei 5 % [9].

CIGS-Module hatten 2010 nur einen Marktanteil von 1,6 % [9].

Unser monatlicher *E-Mail-Newsletter* hält Sie auf Wunsch und natürlich kostenlos über unser aktuelles Angebot in Ihrem Fachbereich auf dem Laufenden.

Einfach Ihre E-Mail-Adresse unter

www.ESV.info/newsletter.html

eingeben – und Sie sind dabei.

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85 - 275
www.ESV.info · ESV@ESVmedien.de

4. Welche Schadstoffe sind bei PV-Freiflächenanlagen zu erwarten?

Bei Solarmodulen auf Siliziumbasis (kristalline Silizium-Module und Dünnschicht-Module aus amorphem oder mikrokristallinem Silizium) ist der Halbleiter nur mit wenigen (Größenordnung 10^{-5}) Fremdatomen wie Bor (B), Indium (In), Aluminium (Al), Gallium (Ga), Phosphor (P), Arsen (As) oder Antimon (Sb) dotiert [2].

Nicht-Silizium-Halbleiter-Module enthalten v.a. Cadmiumtellurid und geringe Mengen Cadmiumsulfid als Halbleiter.

Um die elektrische Funktionsfähigkeit zu gewährleisten und die Einzelzellen miteinander zu einem Modul verbinden zu können, ist bei allen Typen von Solarzellen eine Vorder- und Rückseitenkontaktschicht erforderlich. Die Zellen sind oft mit verzinnnten Kupferbändern verbunden [11] [12].

Bei kristallinen Silizium-Modulen sind zur Vorder- und Rückseitenkontaktierung Metallisierungspasten aufgebracht, die Silber, Aluminium und Bleioxid (in der Glasfritte) enthalten. Für die Verlotung der Einzelzellen zum Gesamtmodul werden Zinn-Blei-Lote eingesetzt. Bei Dünnschichtmodulen erfolgt die Kontaktierung meist mittels Zinn- oder Zinkoxiden, Aluminium, Silber oder Molybdän.

Tabelle 2 zeigt die Mengen der bei der Entsorgung (Recycling) von ausgedienten Solarmodulen anfallenden Rest- und Schadstoffe.

Im Folgenden soll auf die besonders umweltrelevanten Metalle Cadmium und Blei näher eingegangen werden.

4.1 Wieviel Cadmium steht als CdTe bzw. CdS bei Nicht-Silizium-Halbleiter-Modulen auf 1 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF)? Ende der 90er Jahre werden von Steinberger [14] für **CdTe-Module** 7–66 g Cd (Summe Cd aus CdTe und CdS) und 7–33 g Te/m² Modulfläche angegeben, basierend auf einer Schichtdicke des Halbleiters von 2,5–12,5 µm (CdTe) bzw. 0,3–12,8 µm (CdS).

Aufgrund von Optimierungsbestrebungen der Hersteller solcher Module hat sich die Schichtdicke seitdem stark verringert auf derzeit 2,5–3,5 µm CdTe und 0,11–0,15 µm CdS [15]. Unter Abzug der nicht beschichteten Randflächen (nur ca. 80 % der Modulfläche ist mit dem Halbleiter beschichtet) errechnen sich damit je m² Modulfläche 12,4–17,4 g CdTe und 0,41–0,56 g CdS.

Bei Berücksichtigung der stöchiometrischen Zusammensetzung ergeben sich für eine Freiflächen-PV-Anlage mit CdTe-Modulen somit rechnerisch je m² Modulfläche 6,1–8,6 g Cd und 6,6–9,2 g Te.

In unseren Breitengraden sind je nach Topographie etwa 9–10 m² Modulfläche pro kWp notwendig [16]. Bei

einer Aufständigung im Winkel von 30° und unter Berücksichtigung der nichtgenutzten Zwischenflächen zwischen den Reihen liegt die durchschnittliche Modulfläche in etwa bei 3000 m²/ha [17].

Damit stehen also rd. 18–26 kg Cd und 20–28 kg Te auf einem ha LF.

Auch CIS- und CIGS-Solar-Module enthalten geringe Mengen an Cadmiumsulfid (Durchschnittswerte nach Schindler [4]: 0,2–0,4 g Cd/m² Modulfläche), was etwa 1 kg Cd/ha LF entspricht.

4.2 Wieviel Blei steht bei kristallinen Silizium-Modulen auf 1 ha LF? Bei kristallinen Silizium-Solarmodulen ist aufgrund der verwendeten Front- und Rückseitenmetallisierung mit den in Tabelle 3 genannten Bleigehalten zu rechnen. Bei Verwendung bleihaltiger Kontaktierungsmittel ergeben sich somit je nach Rückseitenmetallisierung zwischen 1,2–1,8 kg Pb/ha (Zellvorder- und -rückseite Silber basiert) und 4,6–5,9 kg Pb/ha (Zellvorderseite Silber basiert, -rückseite Al basiert). Wie Tabelle 3 (Anwendungshäufigkeit) zeigt, wird nur in 30–50 % der Fälle auf die Zellrückseite eine Pb-haltige Metallisierung aufgebracht.

Blei ist insbesondere aber in den Blei-Zinn-Loten zum Verlöten der Silizium-Einzelzellen zum Gesamtmodul enthalten. Nach Wirth [19] ist hierfür rd. 10 g Blei je Modul (230 Wp, 100 x 160 cm) anzusetzen. Bei 3000 m² Modulfläche je ha entspricht dies ca. 19 kg Pb/ha.

5. Cadmium und Blei in Solarmodulen – eine Gefahr für landwirtschaftliche Böden und Pflanzen?

5.1. Aufbau der Solarmodule und Bindungsformen der Schadstoffe **Cadmium** liegt bei Nicht-Siliziumhalbleiter-Modulen nicht elementar, sondern als CdTe bzw. CdS gebunden vor. Diese Verbindungen erweisen sich als sehr stabil

Tabelle 2
Zusammensetzung von Alt-Photovoltaik-Modulen in Masse% (nach [13] verändert)

	kristalline Silizium-Module	amorphe Silizium-Module	CdTe-Module	CIS-Module
Glas	63	86	95,4	80
Al	19	12	< 0,01	12
Si/Te/In/Ga/Se	4 (Si)	< 0,1 (Si)	0,07 (Te)	0,02 (In) 0,01 (Ga) 0,03 (Se)
Cd	–	–	0,07	geringe Mengen
Organik	11	2	3,5	6
Cu (Kabel)	0,6	–	0,9	0,85
Ag	< 0,01	–	< 0,01	–
Sn	< 0,1	< 0,1	< 0,01	0,12
Pb	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,1

	Gesamtmenge der verwendeten Metallisierungspasten [kg/MWp]	Blei-Konzentration in den Pasten [%]	Blei-Gehalt [kg/MWp]	Blei-Menge* [kg/ha] †	Anwendungshäufigkeit (2010) [%]
Zellvorderseite Silber basiert	40–60	bis 4	1,6–2,4	0,6–0,9	95–99
Zellrückseite Silber basiert	40–60	bis 4	1,6–2,4	0,6–0,9	20–30
Zellrückseite Aluminium basiert	280–350	bis 4	11,2–14	4–5	10–20

* Berechnungsgrundlage: Modul von 2 m² mit einer Leistung von ca. 240 Wp und einem Flächennutzungsgrad von 3000 m² Modulfläche pro ha (= 0,36 MWp/ha);
Quelle: Angaben aus DuPont Firmenpräsentation [18]

Tabelle 3
Menge und Anwendungshäufigkeit bleihaltiger Kontaktierungsmittel bei kristallinen Silizium-Solarmodulen

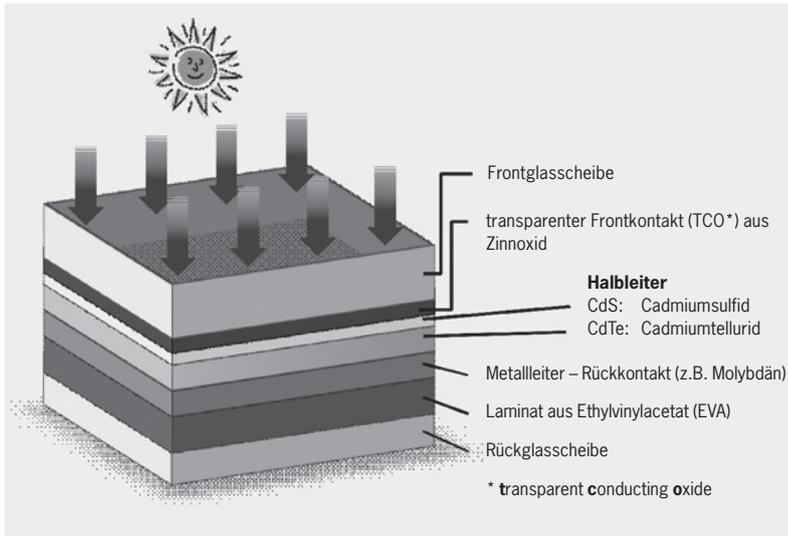
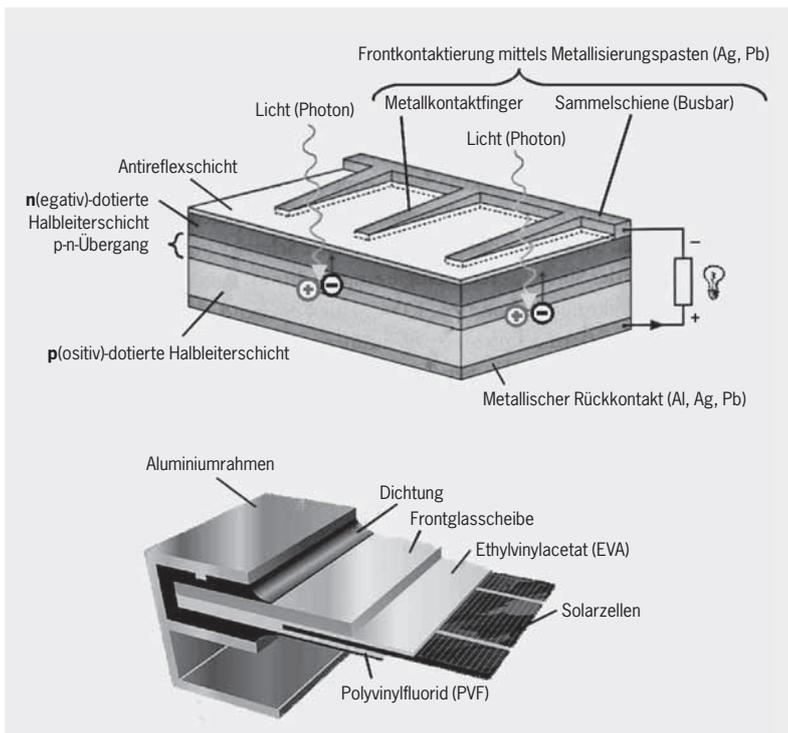


Abbildung 4
Beispiel für den Aufbau eines CdTe-/CdS-Dünnschicht-Solarmoduls

und äußerst gering wasserlöslich [20] [21]. Da die Halbleiterschicht, samt Kontakten und Verbindern, von einer Glasverbundfolie sowie einer Front- und Rückglasscheibe umgeben ist, ist sie nicht unmittelbar der Witterung ausgesetzt (siehe Abbildung 4). Ein direkter Cadmiumeintrag von intakten Modulen in den Boden ist daher nach derzeitigem Kenntnisstand bauartbedingt nicht zu erwarten [21].

Kristalline Silizium-Module werden ebenfalls laminiert, z. B. mit Ethylvinylacetat (EVA) und Polyvinylfluorid (PVF) und sind zusätzlich von einer Frontglasscheibe umgeben (siehe Abbildung 5). Die meisten Modelle sind aber nicht mit einer zusätzlichen Rückglasabdeckung ausgestattet. Auch bei kristallinen Silizium-Modulen ist somit das Blei/Bleioxid aus den Metallisierungspasten und den Lötstellen nicht unmittelbar der Witterung ausgesetzt. Ein direkter Bleieintrag von intakten Modulen in den

Abbildung 5
Beispiel für den Aufbau einer kristallinen Silizium Solarzelle (oben) und eines Silizium Moduls (unten) [25] [26]



Boden ist nach derzeitigem Kenntnisstand bauartbedingt ebenfalls nicht zu erwarten.

In letzter Zeit kommen vermehrt bleifreie Kontaktierungen und Lote zum Einsatz. [22] [23] [18] [24].

Häufig wird die Frage gestellt, ob bei einer eventuellen Beschädigung/Zerstörung der Solarmodule durch Hagel oder Brand Cadmium und/oder Blei freigesetzt wird und damit in den Boden oder die Pflanzen gelangen kann. Hierzu finden sich in der Literatur v.a. Elutionsversuche, die im Zusammenhang mit Deponierung oder Recycling von Solarmodulen durchgeführt wurden.

5.2. Verfügbarkeit von Cadmium und Blei – Ergebnisse von Elutionsversuchen

Steinberger (1998) hat in einem Worst-Case-Szenario stark zerkleinerte CdTe-Modulteile (10 mm Bruchstücke) der Witterung ausgesetzt, um mögliche Auswaschungen zu untersuchen [14]. Die Fragmente stammten von einem CdTe-Solarmodul mit 8 g Cd/m² Modulfläche, was einer Schichtdicke von 3,1 µm CdTe und 0,4 µm CdS entspricht. Im Vergleich zu heute üblichen Schichtdicken liegen sie damit bei CdTe im oberen Bereich, bei CdS etwa um Faktor 3 höher (s. Kap. 4.1.). Er beließ die Modulfragmente für ein Jahr auf dem Boden und stellte fest, dass sich der Gehalt an Cadmium im Oberboden um 0,24 mg/kg erhöhte. Das entspricht bei einer Oberbodenmächtigkeit von 30 cm und einer angenommenen Dichte des Bodens von 1,4 t/m³ einem Eintrag von rd. 1 kg Cd/ha.

Im Vergleich dazu beträgt der Hintergrundwert für Cadmium in bayerischen Oberböden unter landwirtschaftlicher Nutzung (Acker und Grünland) bei typischen Lehmböden rd. 0,4 mg/kg Boden [27] und der durchschnittliche jährliche Cadmiumeintrag aus der Luft in ländlichen Gebieten Bayerns 0,4 g Cd/ha (2001) [28].

Vom norwegischen, geotechnischen Institut (NGI) wurden 2010 Auslaugungsversuche mit CdTe-Modulbruchstücken (Schichtdicke CdTe 2 µm, CdS 0,05 µm) durchgeführt [29] [30]. Die auf <4 mm zerkleinerten CdTe-Module wiesen einen Gesamtgehalt von 383 mg Cd/kg CdTe-Modulmaterial auf. Mittels deionisiertem Wasser durchgeführte Schüttel- und Säulenversuche ergaben geringe Cadmiumgehalte (Schüttelversuch: 0,73 mg/kg CdTe-Modulmaterial bei pH 9,6, Säulenversuch: <0,002 mg/l (Wasser/CdTe-PV-Modul-Feststoffverhältnis = 0,1) bei pH 10,3).

Demgegenüber wies der zur Bestimmung des maximalen Auslaugungspotentials durchgeführte Elutionsversuch erheblich höhere Cadmiumwerte auf mit einem deutlichen Anstieg bei abnehmendem pH-Wert:

- ◆ bei destilliertem Wasser:
26,4 mg/kg CdTe-Modulmaterial (pH 7,7)
- ◆ nach Zugabe von Salpetersäure:
109,7 mg (pH 6,8) sowie 154,3 mg (pH 3,2) je kg CdTe-Modulmaterial.

Die Versuche belegen die bekannte, starke Zunahme der Cadmium-Verfügbarkeit bei pH-Werten < 7.

Die 2010 an den Sierra Analytical Labs, Kalifornien mit CdTe-Modulbruchstücken (<2 mm) durchgeführten Elutionsversuche erbrachten vergleichbare Ergebnisse [29] [31].

Auch für **multikristalline Siliziummodule** (mc-Si) wurden vom NGI Auslaugungsversuche durchgeführt [32].

Die mc-Si-Modulbruchstücke (< 4 mm) wiesen einen Gesamtgehalt von 576 mg Pb/kg mc-Si-Modulmaterial auf. Mittels deionisiertem Wasser durchgeführte Schüttel- und Säulenversuche ergaben relativ geringe Blei-Gehalte (Schüttelversuch: 1,4 mg/kg mc-Si-Modulmaterial bei pH 9,0, Säulenversuch: 0,008 mg/l (W/F = 0,1) bei pH 9,8).

Demgegenüber wies der zur Bestimmung des maximalen Auslaugungspotentials durchgeführte Elutionsversuch erheblich höhere Bleiwerte auf, ebenfalls mit einem deutlichen Anstieg bei abnehmendem pH-Wert:

- ◆ bei destilliertem Wasser:
Bleigehalt < Quantifizierungsgrenze (pH 8,5)
- ◆ nach Zugabe von Salpetersäure:
74 mg (pH 5,9) sowie 520 mg (pH 3,8) je kg mc-Si-Modulmaterial.

Auch dieser Versuch belegt den deutlichen Anstieg der Verfügbarkeit von Pb bei pH Werten < 4.

Die am NGI und den Sierra Analytical Labs durchgeführten Untersuchungen stellen einen Extremfall der möglichen Schadstoffauslaugung dar, wie er für die Abfalleinstufung im Falle der Deponierung simuliert wird.

5.3. Was passiert bei Hagel? Was passiert bei Brand?

Im Fall einer Beschädigung des Moduls durch Hagel ist für die Frage der Freisetzung von Cadmium und/oder Blei entscheidend, ob die Halbleiterschicht bzw. die Kontakte und Lötstellen der Witterung ausgesetzt sind. In der Praxis dürften feine Risse in der Glasoberfläche entstehen, durch die eventuell Wasser eindringen kann. Auf PV-Freiflächenanlagen ist wohl kaum von einer Zerstörung der Module in so kleine Modulfragmente auszugehen, wie sie für die Elutionsversuche erzeugt wurden. In Solarmodulen werden in der Regel hagelgeprüfte Frontglasscheiben eingebaut. Zusätzlich schützt die Folienlaminiierung auch bei Glasbruch vor einer Schadstoff-Freisetzung. Auch ist zu beachten, dass es bei den Schüttelversuchen zu einem mechanisch bedingten Abrieb der CdTe-Beschichtung kommen kann, was ebenfalls bei in Freiflächenanlagen auftretenden Modulbrüchen nicht zu erwarten ist.

Für den seltenen Fall eines Brandes (z. B. infolge eines Blitzeinschlages) ist aufgrund des sehr hohen Schmelzpunktes von CdTe (1041 °C [20]) bei einer angenommenen Feuertemperatur von 800–1000 °C², lediglich von einer sehr geringen Cd-Freisetzung auszugehen [33]. CdS kann jedoch bereits bei Temperaturen über 444°C zersetzt werden. Da der Halbleiter zwischen Glasplatten gekapselt ist, werden CdTe/CdS in der Glasschmelze weitgehend eingeschlossen [34].

Zum Verhalten von kristallinen Silizium-Modulen im Brandfall liegen uns keine Untersuchungsergebnisse vor.

Je nach Grad der Beschädigung durch Hagel oder Brand und Verweildauer auf der Anlagenfläche kann eine Auslaugung von Blei und/oder Cadmium nicht gänzlich ausgeschlossen werden. [14]. Defekte Module sollten deshalb im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes nicht länger auf der Anlagenfläche verbleiben. Die Industrie bietet hierfür ein geordnetes Recyclingsystem an (z. B. PV Cycle Association). Ein Austausch defekter Module liegt auch im Eigeninteresse des Betreibers, um Leistungseinbußen und eine geringere Rendite der PV-Anlage zu verhindern.

6. Stecken in Aufständerungen und Installationen von PV

Anlagen weitere Schadstoffe?

Für Aufständerungen und Geländeumzäunungen von PV-Freiflächenanlagen werden unterschiedliche Materialien eingesetzt (Holz, Beton, Aluminium, feuerverzinktes Eisen, Kunststoffe). Ausschlaggebend für die Materialwahl sind Rückbaubarkeit, Haltbarkeit und Kosten. Die Konstruktionen sind flächenmäßig eng begrenzt. Die Gefahr einer stofflichen Beeinträchtigung des Bodens wird daher als sehr gering eingeschätzt [35].

Dies gilt auch für die Elektroinstallationen (Trafohäuschen, unter- und oberirdische Kabelzuleitungen, Wechselrichter o. ä.). Die Kupferkabel sind ummantelt, Trafos und Wechselrichter gekapselt. Die Ansprüche, die an Kabel für PV-Anlagen gestellt werden, sind deutlich höher als bei sonstigen Installationen für Wechselstrom-Geräte. Vorgeschrieben sind doppelt isolierte Kabel. Die Kabel müssen extremen Witterungsbedingungen (Schutz gegen Feuchtigkeit, UV-Beständigkeit) standhalten können [36].

7. Fazit und Ausblick

Die Gefahr einer Bodenkontamination durch PV-Anlagen mit Blei oder Cadmium wird bei intakten Solarmodulen bauartbedingt nach derzeitigem Kenntnisstand als sehr gering eingestuft. Sind Halbleiterschicht, Kontakte oder Verlötlungen der Witterung ausgesetzt, z. B. bei durch Hagel oder Brand beschädigten Modulen, sollten diese aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes nicht längere Zeit auf der Anlagenfläche verbleiben. Eine Auslaugung von Blei oder Cadmium kann in diesen Fällen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Es bleibt abzuwarten, welche Halbleitertechnologien sich auf dem Markt künftig behaupten werden. Bei der Diskussion um die Aufnahme der Photovoltaik in die RoHS-Richtlinie („Restriction of the use of certain Hazardous Substances“) [37] im Sommer 2010 gab es deutliche Stimmen für den Einsatz schadstofffreier Produkte bei PV-Anlagen. Die in letzter Zeit vermehrt zum Einsatz kommenden, bleifreien Kontaktierungen und Lote sind ein Schritt in diese Richtung.

Literatur

- [1] Bucher, M. (2006): Solarpark Pocking, Martin Bucher Projektentwicklungen, <http://www.martin-bucher.de>, 16. 5. 2011.
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarzelle> (15. 3. 2011).
- [3] BINE-Themeninfo III/05: Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen und Modulen (2005), BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe GmbH, www.bine.info.
- [4] Sander, K., Zangl, S., Reichmuth, M., Schröder, G. (2003): Requirements regarding material properties and disposal of photovoltaic products, UBA-Fachberichte.
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/CIGS-Solarzelle> (21. 2. 2011).
- [6] mündliche Auskunft von Herrn Willi Kirchensteiner (2010), Bildungszentrum für Solartechnik der Landeshauptstadt München.
- [7] Tiwari, A. N., Haug, F.-J., Zogg, H. (2000): Neue Möglichkeiten durch Dünnschicht-Solarzellen, Bulletin SEV/VSE, 10/00.
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik> (16. 3. 2011).
- [9] www.photon.de (2011): Das Jahr des Tigers (2010 wurden mehr Solarzellen produziert als in den vier vorherigen Jahren zusammen), Photon, April 2011.
- [10] Preisindex für Solarmodule (2011), <http://www.solarserver.de/service-tools/photovoltaik-preisindex.html>.
- [11] Rentzing, S. (2010): Solar-Konzerne kämpfen um ihr grünes Image, Artikel in der Zeitschrift Spiegel vom 25. 4. 2010, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,688779,00.html>.
- [12] De Wild-Scholten, M. (2004): Towards cleaner Solar PV, Refocus Sept./Okt. 2004, Elsevier, S. 46–49.
- [13] Sander, K. et al. (2007): Studie zur Entwicklung eines Rücknahme- und Verwertungssystems für Photovoltaische Produkte, Ökopool, November 2007, http://www.pvcycle.org/fileadmin/pvcycle_docs/

- documents/publications/Studie_PVCycle_Download_17_de_270808.pdf.
- [14] Steinberger, H. (1998): Health, safety and environmental risks from the operation of CdTe and CIS thin-film modules, Progress in Photovoltaics, Vol. 6, Issue 2, S. 99–103.
- [15] Auskunft von Herrn Andreas Wade (2011), Director Sustainable Development, First Solar GmbH.
- [16] <http://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik-solaranlagen/glossar/kWp.htm> (16. 5. 2011).
- [17] Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg GL 3: Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Stand der Planung (Januar 2010), http://gl.berlin-brandenburg.de/imperia/md/content/bb-gl/energie/presentationen_gesamt.pdf.
- [18] Weigand, P. (2010): Status of lead free solar cell metalizations for the PV industry, EPIA Sustainability Working Group Meeting, Brüssel, 18. 11. 2010.
- [19] Wirth, H. (2011): E-Mail-Auskunft von Dr. Harry Wirth, Division Director Photovoltaic Modules, Systems and Reliability, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg.
- [20] GESTIS-Stoffdatenbank (Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften) (16. 5. 2011): <http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/stoffdb/index.jsp>.
- [21] Jäger-Waldau, A. (2009): Peer Review of Major Studies on the Environmental Profile of Cadmium Telluride (CdTe) Photovoltaic (PV) Systems, European Commission, DG JRC, Institut of Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, Ispra (Italien).
- [22] Diermann, R. (2011): Blei bleibt beliebt, Photovoltaik Magazin, <http://www.photovoltaik.eu>, 04/2011.
- [23] <http://www.materialsgate.de/mnews/4818/Verbesserte+Metallisierung+von+Wafern+f%C3%BCr+kristalline+Solarzellen.html> (16. 5. 2011): Verbesserte Metallisierung von Wafern für kristalline Solarzellen, MaterialNews vom 18. 9. 2009.
- [24] http://www.isfh.de/institut_solarforschung/leitfaehige-kleber.php (2009): Modulherstellung mit leitfähig geklebten Zellverbindern.
- [25] <http://www.brunnmeier.de/Photovoltaik/VergleichDaten/Zellaufbau.JPG> (16. 5. 2011).
- [26] <http://www.sunbeam-berlin.de> (2011).
- [27] Bayerisches Landesamt für Umwelt (1998): Hintergrundwerte anorganischer Schadstoffe in Böden Bayerns.
- [28] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2003): Immissionsökologischer Bericht 2000–2001, Augsburg.
- [29] Saurat, M., Ritthoff, M. (2010): Appraisal of laboratory analyses conducted on CdTe photovoltaic modules, Wuppertal Institute, [http://www.nts.a.eu/resources/Wuppertal+Institute+CdTe+lab+test+s+appraisal\\$2C+Aug+2010+final.pdf](http://www.nts.a.eu/resources/Wuppertal+Institute+CdTe+lab+test+s+appraisal$2C+Aug+2010+final.pdf).
- [30] Okkenhaug, G. et al. (2010): Environmental risks regarding the use and end-of-life disposal of CdTe PV modules, Report des Norwegian Geotechnical Institutes (NGI) vom 16. 4. 2010.
- [31] Forsyth, R. K. (2010): Ergebnisse aus der Untersuchung von CdTe-Solarmodulen an den Sierra Analytical Labs, Inc. in Laguna Hills, Kalifornien im Auftrag der Non-Toxic Solar Alliance e. V. (NTSA), Berlin vom 22. Juli 2010, <http://www.nts.a.eu/resources/1-NTSA-Test-Background-Narrative.pdf>.
- [32] Arp, H. P. et al. (2010): Leaching from mc-Si PV module material – results from batch, column and availability tests. Comparison with thin film CdTe PV modules, Report des Norwegian Geotechnical Institutes (NGI) vom 25. 11. 2010.
- [33] Fthenakis, V. M. (2004): Life cycle impact analysis of cadmium in CdTe PV production, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 8 (2004) S. 303-334, Elsevier Verlag.
- [34] Fthenakis, V. M., Fuhrmann, M., Heiser, J., Lanzirrotti, A., Fitts, J., Wang, W. (2005): Emissions and Encapsulation of Cadmium in CdTe PV Modules during Fires, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Wiley InterScience, Heft 13, S. 1–11.
- [35] <http://www.iwoe.de/KorrpdfUVPHTMLAufsatzNeu8-11-06.html> (16. 5. 2011).
- [36] <http://www.solarstromerzeugung.de/kabel-photovoltaik.html> (16. 5. 2011).
- [37] Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.

Anschriften der Autoren

Dipl.-Umweltwissenschaftler Titus Ebert

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau
und Bodenschutz – Arbeitsgruppe Bodenschadstoffe
Lange Point 12, 85354 Freising
Tel. (0 81 61) 71-44 69, Fax (0 81 61) 71-40 06
E-Mail: titus.ebert@lfl.bayern.de

Dipl.-Geographin Christa Müller

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau
und Bodenschutz – Arbeitsgruppe Bodenschadstoffe
Lange Point 12, 85354 Freising
Tel. (0 81 61) 71-44 74, Fax. +49 (0)8161/71-4006
E-Mail: christa.mueller@lfl.bayern.de

¹ MWp (Megawatt-Peak) = 1.000 kWp (Kilowatt-Peak) = 1.000.000 Wp (Watt-Peak); zur Erklärung des Begriffs Watt-Peak siehe Fußnote unter Tabelle 1

² Feuerraumtemperatur eines durchschnittlichen Hausbrandes

Nutzen Sie schon www.BODENSCHUTZdigital.de?



Mehr zum eJournal unter:

 www.BODENSCHUTZdigital.de

*Für Abonnenten der Printausgabe kostenfrei:
Das eJournal von Bodenschutz*

Lesen Sie auf www.BODENSCHUTZdigital.de das aktuelle Gesamtheft oder Einzelbeiträge, die Sie besonders interessieren. Natürlich sind auch Downloads möglich.

Besonderes Plus – das Archiv

Hier finden Sie alle Ausgaben seit dem Jahr 2004 und können Einzelbeiträge beziehen. Abonnenten recherchieren hier kostenlos!

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 · 10785 Berlin
Fax: (030) 25 00 85 - 275 · www.ESV.info · ESV@ESVmedien.de



Das neue BNatSchG – vollständig kommentiert



Mit dem BNatSchG 2010 gelten erstmals deutschlandweit einheitliche, unmittelbare Vorschriften. Die Bundesländer dürfen jedoch vom BNatSchG 2010 in gewissen Grenzen abweichen bzw. es mittels sog. Öffnungsklauseln ergänzen. Hier unterstützt der neue Berliner Kommentar BNatSchG den Praktiker:

- ▶ **Ein erfahrenes Autorenteam** aus Anwälten, Verbandsjuristen, Ministerialbeamten, Hochschullehrern und Richtern sorgt für eine ausgewogene, praxisgerechte Kommentierung.
- ▶ **Den Blick aufs Ganze** gewährleistet die Einbeziehung der landesrechtlichen Regelungen sowie der europarechtlichen und umweltpolitischen Hintergründe.
- ▶ **Besonders praxisrelevante Materien** wie Eingriffsregelung und FFH-Verträglichkeitsprüfung sind vor dem Hintergrund aktueller Rechtsprechung ausführlich dargestellt.

BNatSchG

Bundesnaturschutzgesetz

Herausgegeben von Prof. Dr. jur. Walter Frenz
und Prof. Dr. jur. Hans-Jürgen Muggenborg

2011, LVIII, 1.281 Seiten, fester Einband, €(D) 138,-

ISBN 978-3-503-12665-1

Berliner Kommentare

Weitere Informationen:

 www.ESV.info/978-3-503-12665-1



ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Verontreinigende stoffen in fotovoltaïsche energiecentrales

Beste heer of mevrouw,

De zonnepark ontwikkelaar Kronos Solar Projects GmbH heeft verzocht om een beoordeling van de potentiële bodemverontreiniging door fotovoltaïsche zonnepanelen in grootschalige zonneparken.

In 2011 heeft de 'Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft' (Beierse Rijksonderzoekscentrum voor Landbouw), een publieke instelling van de staat van Beieren, een literatuurstudie gedaan over de potentiële bodemverontreiniging die wordt veroorzaakt door zonneparken op landbouwgrond (<http://www.bodenschutzdigital.de/ZBOS.03.2011.069>).

Deze studie concludeerde dat het potentieel van bodemverontreiniging door kristallijne zonnepanelen die intact zijn erg laag is. Door het ingekapselde ontwerp van de panelen veroorzaken deze geen bodemverontreiniging.

Alleen in gevallen waarbij de panelen beschadigd zijn door extreme invloeden zoals vuur, hagel of vandalisme, bestaat er de mogelijkheid tot bodemverontreiniging als gevolg van het vrijkomen van kleine hoeveelheden zilver, tin of lood deeltjes. Het wordt daarom aangeraden eventuele beschadigde panelen zo snel mogelijk te vervangen om bodemverontreiniging te voorkomen. Dit is echter van even groot belang voor de beheerder van het zonnepark, aangezien kapotte panelen geen energie produceren.

Het is belangrijk op te merken dat zonnepanelen ontworpen zijn om de gebruikelijke elementen, zoals zon, onweer, en hagel, te doorstaan.

Voor andere componenten van zonneparken, zoals grondgebonden systemen, omvormers en transformatoren, en elektrische componenten, wordt de potentiële bodemverontreiniging erg laag ingeschat.

Ik wil benadrukken dat we tot noch toe geen gevallen zijn tegengekomen waarbij kristallijne, intacte zonnepanelen voor bodemverontreiniging hebben gezorgd.

Met vriendelijke groet,

M.Sc. Titus Ebert,

Freising, Duitsland, 14 januari 2014

Target Advies

postadres:

Boonstraat 18b
6082 AV BUGGENUM

e. info@targetadvies.nl

i. www.targetadvies.nl

t. +31 (0)475 71 29 22

KvK 12056731

BTW NL001827483B46

IBAN NL13KNAB0741864983

Kronos Solar Projects GmbH
T.a.v. de heer L. van Ochten
Petersplatz 10
D-80331 München

Per e-mail: Laurens.vanOchten@Kronos-Solar.com

datum: 26-4-2020 kenmerk: 20200017.01 omschrijving: briefrapport zonnepark Hilvarenbeek-Doormaal

Geachte heer Van Ochten,

In uw opdracht is een akoestische berekening uitgevoerd naar de geluidimmissie van Zonnepark Hilvarenbeek-Doormaal aan de Oirschotsedijk te Hilvarenbeek.

Het zonnepark is volgens de gemeente gelegen in een gebied dat conform de VNG-uitgave 'Bedrijven en milieuzonering' getypeerd kan worden als 'rustige woonwijk'. Toepassing van het stappenplan uit bijlage 5 van de uitgave leert het volgende:

- stap 1: woningen vallen binnen de richtafstand van 30 meter en daarmee wordt niet voldaan aan de voorwaarden;
- stap 2: een akoestisch onderzoek is nodig en daarin moet worden aangetoond dat voldaan kan worden aan een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) etmaalwaarde;
- stap 3 en 4: deze zijn pas aan de orde als niet aan de voorwaarden uit stap 2 kan worden voldaan.

In het programma Geomilieu 5.21 van DGMR is een berekening conform de Handleiding meten en rekenen industrielawaai '99 (HMRI) uitgevoerd naar de geluidemissie. In bijlage 1 zijn de invoergegevens grafisch weergegeven en in bijlage 2 getalsmatig.

Bij de berekening van het toegepaste bronvermogen is uitgegaan van de volgende zaken:

- een 1-meter niveau van maximaal 79 dB(A) conform de specsheet van de transformator;
- het frequentiespectrum van een door u aangeleverde geluidmeting in het veld, welke een gemiddeld geluidniveau op 1-meter aantoont van 69 dB(A);
- maximale afmetingen conform de specsheet van 5,89 x 0,945 x 2,198 meter en een meetvlak conform methode II.3 uit de HMRI van 7,89 x 2,945 x 3,198 meter en daarmee een oppervlakte van 92,54 m²;
- De langste dag 21 juni is er zonlicht van 05.15 uur tot 22.01 uur, overeenkomend met een bedrijfsduur van 12/3/1,75 uur in de dag-/avond-/nachtperiode.

Het bronvermogen bedraagt daarmee 99 dB(A), zie navolgende tabel 1.

Tabel 1 - Bepaling van het bronvermogen

frequentie	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	totaal	Hz
meting op 1 meter	70,3	69,0	67,6	74,2	67,4	61,1	55,3	49,5	42,1	77,6	dB(Z)
meting op 1 meter	30,9	42,8	51,5	65,6	64,2	61,1	56,5	50,5	41,0	69,2	dB(A)
max. 1 meter niveau	40,9	52,8	61,5	75,6	74,2	71,1	66,5	60,5	51,0	79,2	dB(A)
10 LOG S (met S = 92,54)	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7		dB
bronvermogen	60,6	72,5	81,2	95,3	93,9	90,8	86,2	80,2	70,7	98,8	dB(A)

In bijlage 3 zijn de rekenresultaten opgenomen. Deze zijn in navolgende tabel 2 samengevat.

Tabel 2 - Rekenresultaten $L_{Ar,LT}$

toetslocatie	dagperiode [dB(A)]	avondperiode [dB(A)]	nachtperiode [dB(A)]	etmaalwaarde [dB(A)]
t 01. Heikant 3a	34	35	29	40
t 02. Heikant 3b	33	34	29	39
t 03. Heikant 5	≤30	30	24	35
t 04. Oirschotsedijk 4	36	37	32	42
t 05. Oirschotsedijk 4 achtergevel	≤30	32	26	37
t 06. Oirschotsedijk 4 zijgevel	31	32	26	37
t 07. Oirschotsedijk 6 achtergevel	39	40	35	45
t 08. Oirschotsedijk 6 zijgevel	37	38	33	43
t 09. Voorste Heistraat 1	≤30	29	24	34

Conclusie

Uit de resultaten blijkt dat in een worst-case benadering voldaan kan worden aan een etmaalwaarde van 45 dB(A). Daarmee wordt voldaan aan stap 2 uit de VNG-uitgave en bestaat er akoestisch geen bezwaar om het plan in uitvoering te brengen.

Met vriendelijke groeten,

Target Advies



Ir. J. Smeets

Bijlagen

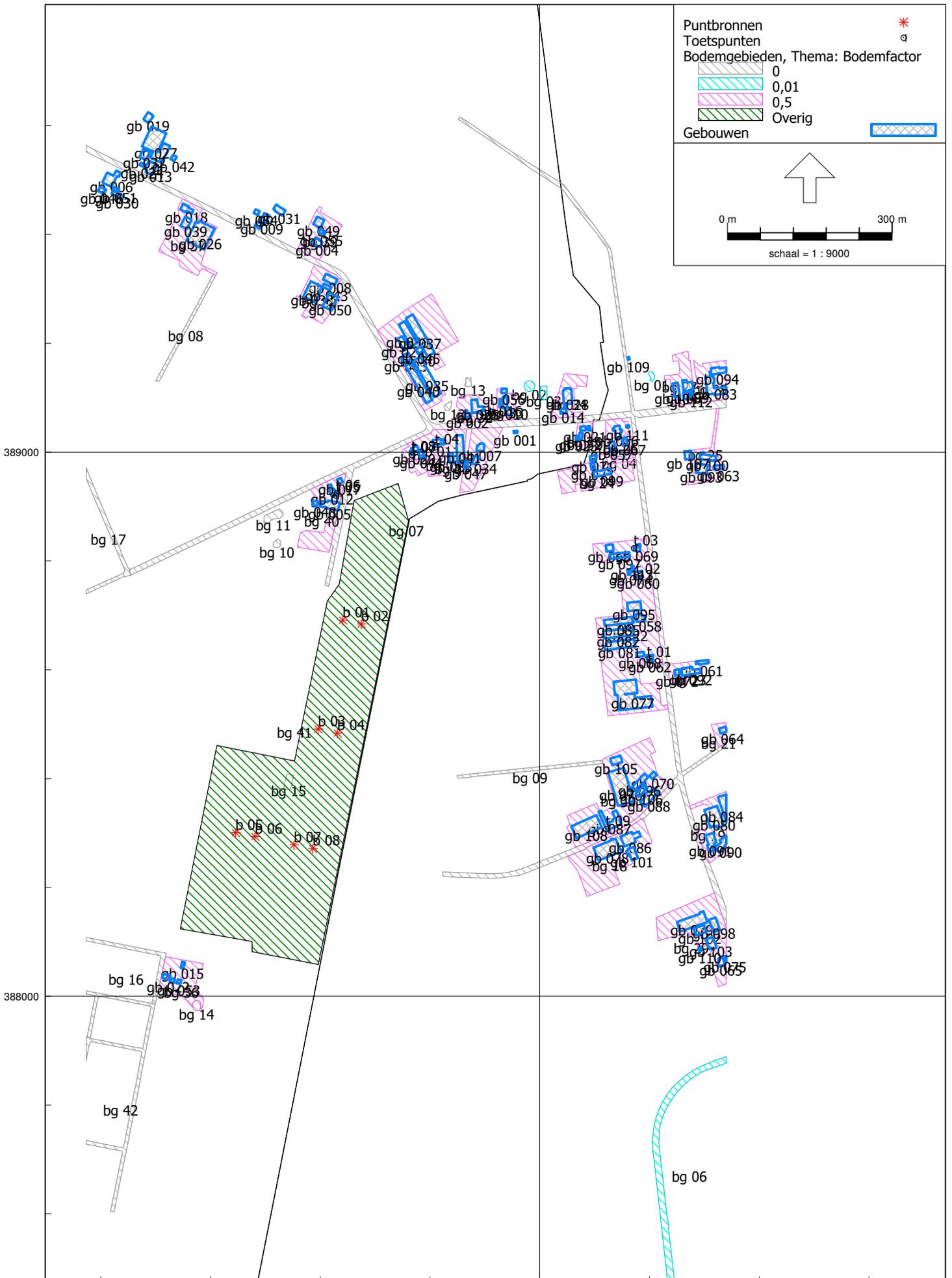
Bijlage 1 - Figuren

Bijlage 2 - Invoergegevens rekenmodel

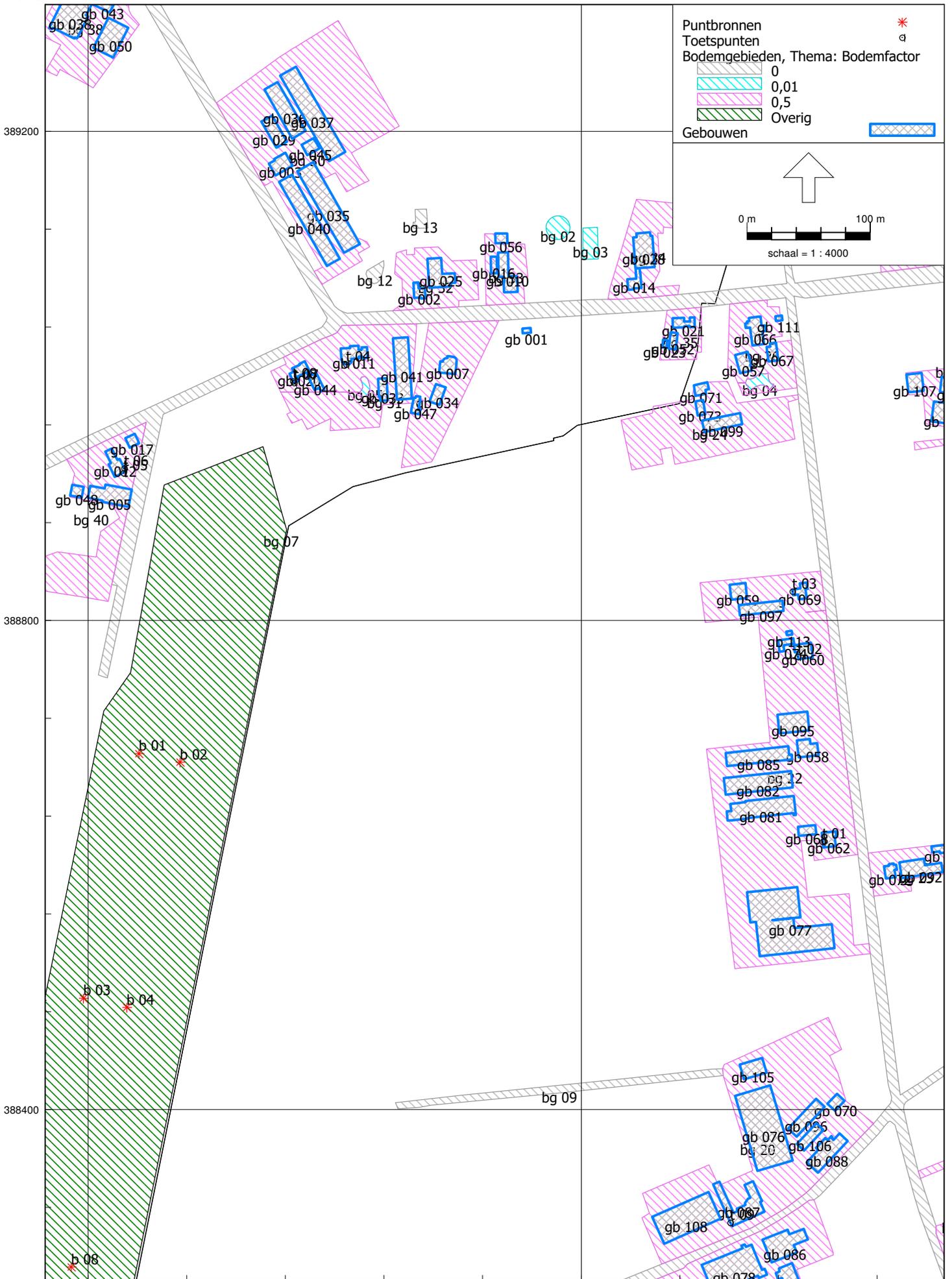
Bijlage 3 - Rekenresultaten $L_{Ar,LT}$

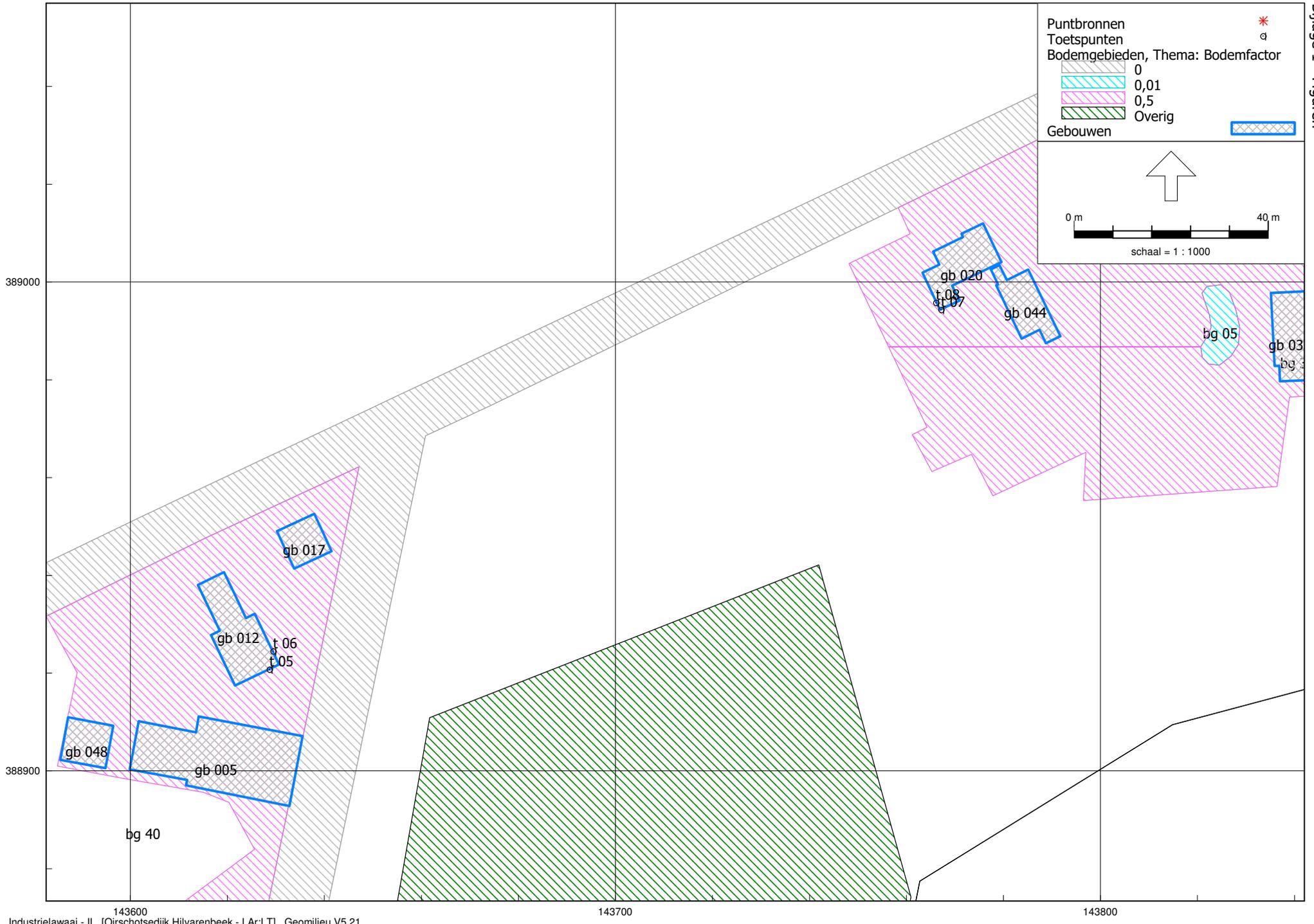
Bijlage 1

Bijlage 1 - Figuren

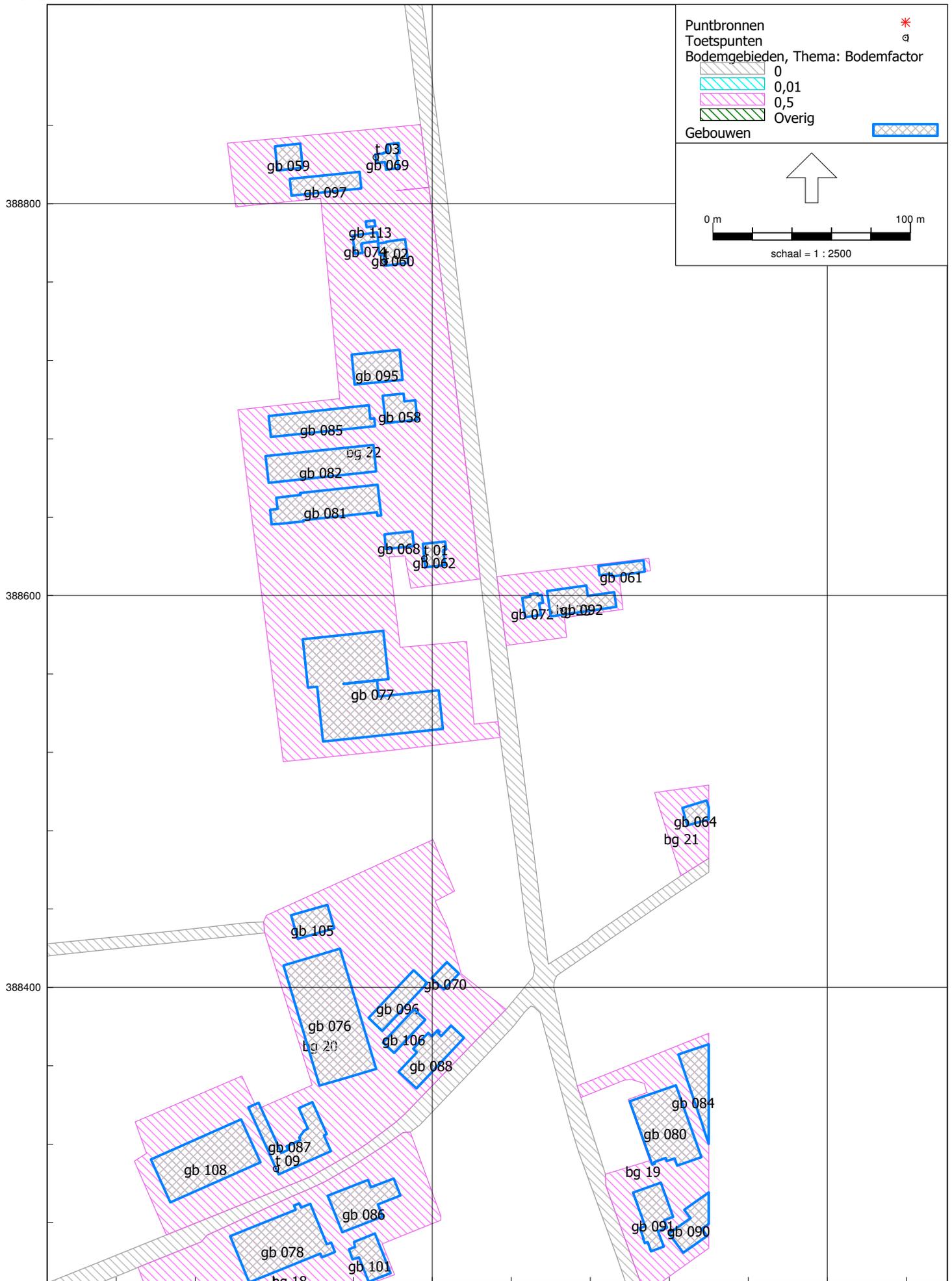


Bijlage 1 - Figuren





Bijlage 1 - Figuren



Bijlage 2

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Puntbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Naam	Omschr.	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	X	Y	Type	Richt.
--	b 01	transformator	1,50	0,00	Relatief	143641,24	388691,07	Normale puntbron	0,00
--	b 02	transformator	1,50	0,00	Relatief	143674,57	388684,10	Normale puntbron	0,00
--	b 03	transformator	1,50	0,00	Relatief	143596,11	388491,07	Normale puntbron	0,00
--	b 04	transformator	1,50	0,00	Relatief	143631,40	388483,61	Normale puntbron	0,00
--	b 05	transformator	1,50	0,00	Relatief	143445,67	388300,27	Normale puntbron	0,00
--	b 06	transformator	1,50	0,00	Relatief	143481,10	388293,33	Normale puntbron	0,00
--	b 07	transformator	1,50	0,00	Relatief	143551,83	388278,40	Normale puntbron	0,00
--	b 08	transformator	1,50	0,00	Relatief	143586,39	388271,20	Normale puntbron	0,00

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Puntbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Hoek	Cb(u) (D)	Cb(u) (A)	Cb(u) (N)	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	GeenRefl.	GeenDemping	GeenProces	Lwr 31
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60
--	360,00	12,000	3,000	1,750	0,00	1,25	6,60	Nee	Nee	Nee	60,60

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Puntbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88
--	72,50	81,20	95,30	93,90	90,80	86,20	80,20	70,70	98,88

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Toetspunten, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Naam	Omschr.	Maaiveld	X	Y	Hdef.	Hoogte A	Hoogte B
--	t 06	Oirschotsedijk 4 zijgevel	0,00	143629,46	388924,47	Relatief	1,50	5,00
--	t 07	Oirschotsedijk 6 achtergevel	0,00	143767,16	388994,34	Relatief	1,50	5,00
--	t 04	Oirschotsedijk 4	0,00	143809,27	389009,49	Relatief	1,50	5,00
--	t 09	Voorste Heistraat 1	0,00	144120,80	388307,55	Relatief	1,50	5,00
--	t 01	Heikant 3a	0,00	144195,84	388619,05	Relatief	1,50	5,00
--	t 02	Heikant 3b	0,00	144175,72	388770,38	Relatief	1,50	5,00
--	t 03	Heikant 5	0,00	144171,29	388823,80	Relatief	1,50	5,00
--	t 08	Oirschotsedijk 6 zijgevel	0,00	143766,10	388995,79	Relatief	1,50	5,00
--	t 05	Oirschotsedijk 4 achtergevel	0,00	143628,67	388920,75	Relatief	1,50	5,00

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Toetspunten, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Hoogte C	Gevel
--	--	Ja

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Bodemgebieden, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Bf
bg 01	meer, plas	0,01
bg 02	meer, plas	0,01
bg 03	meer, plas	0,01
bg 04	meer, plas	0,01
bg 05	meer, plas	0,01
bg 06	waterloop	0,01
bg 07	wegverharding	0,00
bg 08	wegverharding	0,00
bg 09	wegverharding	0,00
bg 10	wegverharding	0,00
bg 11	wegverharding	0,00
bg 12	wegverharding	0,00
bg 13	wegverharding	0,00
bg 14	wegverharding	0,00
bg 15	wegverharding	0,00
bg 16	wegverharding	0,00
bg 17	wegverharding	0,00
bg 18	overig	0,50
bg 19	overig	0,50
bg 20	overig	0,50
bg 21	overig	0,50
bg 22	overig	0,50
bg 23	overig	0,50
bg 24	overig	0,50
bg 25	overig	0,50
bg 26	overig	0,50
bg 27	overig	0,50
bg 28	overig	0,50
bg 29	overig	0,50
bg 30	overig	0,50
bg 31	overig	0,50
bg 32	overig	0,50
bg 33	overig	0,50
bg 34	overig	0,50
bg 35	overig	0,50
bg 36	overig	0,50
bg 37	overig	0,50
bg 38	overig	0,50
bg 39	overig	0,50
bg 40	overig	0,50
bg 41	zonnepark	0,20
bg 42	wegverharding	0,00

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	ItemID	Grp.ID	Datum	Naam	Omschr.	Vorm	X-1	Y-1
--	51981	0	18:09, 24 apr 2020	gb 001	Pand in gebruik	Polygoon	143959,18	389035,30
--	51983	0	18:09, 24 apr 2020	gb 002	Pand in gebruik	Polygoon	143864,21	389068,90
--	51984	0	18:09, 24 apr 2020	gb 003	Pand in gebruik	Polygoon	143755,26	389179,84
--	51985	0	18:09, 24 apr 2020	gb 004	Pand in gebruik	Polygoon	143588,24	389388,43
--	51986	0	18:09, 24 apr 2020	gb 005	Pand in gebruik	Polygoon	143635,50	388907,12
--	51987	0	18:09, 24 apr 2020	gb 006	Pand in gebruik	Polygoon	143209,59	389509,42
--	51989	0	18:09, 24 apr 2020	gb 007	Pand in gebruik	Polygoon	143885,73	389011,92
--	51990	0	18:09, 24 apr 2020	gb 008	Pand in gebruik	Polygoon	143608,13	389323,30
--	51991	0	18:09, 24 apr 2020	gb 009	Pand in gebruik	Polygoon	143482,81	389420,16
--	51992	0	18:09, 24 apr 2020	gb 010	Pand in gebruik	Polygoon	143937,29	389073,44
--	51993	0	18:09, 24 apr 2020	gb 011	Pand in gebruik	Polygoon	143805,25	389017,44
--	51994	0	18:09, 24 apr 2020	gb 012	Pand in gebruik	Polygoon	143616,09	388933,55
--	51995	0	18:09, 24 apr 2020	gb 013	Pand in gebruik	Polygoon	143282,75	389525,08
--	51996	0	18:09, 24 apr 2020	gb 014	Pand in gebruik	Polygoon	144044,34	389084,96
--	51997	0	18:09, 24 apr 2020	gb 015	Pand in gebruik	Polygoon	143353,52	388062,39
--	52000	0	18:09, 24 apr 2020	gb 016	Pand in gebruik	Polygoon	143926,53	389097,52
--	52001	0	18:09, 24 apr 2020	gb 017	Pand in gebruik	Polygoon	143640,31	388947,43
--	52002	0	18:09, 24 apr 2020	gb 018	Pand in gebruik	Polygoon	143358,10	389452,89
--	52003	0	18:09, 24 apr 2020	gb 019	Pand in gebruik	Polygoon	143294,60	389619,17
--	52005	0	18:09, 24 apr 2020	gb 020	Pand in gebruik	Polygoon	143766,78	389003,55
--	52006	0	18:09, 24 apr 2020	gb 021	Pand in gebruik	Polygoon	144074,13	389047,28
--	52007	0	18:09, 24 apr 2020	gb 022	Pand in gebruik	Polygoon	143326,08	388038,35
--	52009	0	18:09, 24 apr 2020	gb 023	Pand in gebruik	Polygoon	144069,29	389023,08
--	52010	0	18:09, 24 apr 2020	gb 024	Pand in gebruik	Polygoon	143279,69	389529,18
--	52011	0	18:09, 24 apr 2020	gb 025	Pand in gebruik	Polygoon	143876,67	389072,20
--	52012	0	18:09, 24 apr 2020	gb 026	Pand in gebruik	Polygoon	143390,15	389419,49
--	52014	0	18:09, 24 apr 2020	gb 027	Pand in gebruik	Polygoon	143306,18	389551,22
--	52016	0	18:09, 24 apr 2020	gb 028	Pand in gebruik	Polygoon	144043,57	389092,97
--	52017	0	18:09, 24 apr 2020	gb 029	Pand in gebruik	Polygoon	143749,25	389212,98
--	52018	0	18:09, 24 apr 2020	gb 030	Pand in gebruik	Polygoon	143219,54	389475,20
--	52019	0	18:09, 24 apr 2020	gb 031	Pand in gebruik	Polygoon	143522,75	389453,51
--	52020	0	18:09, 24 apr 2020	gb 032	Pand in gebruik	Polygoon	143270,64	389542,21
--	52021	0	18:09, 24 apr 2020	gb 033	Pand in gebruik	Polygoon	143836,86	388982,85
--	52023	0	18:09, 24 apr 2020	gb 034	Pand in gebruik	Polygoon	143890,06	388990,59
--	52024	0	18:09, 24 apr 2020	gb 035	Pand in gebruik	Polygoon	143782,76	389175,02
--	52025	0	18:09, 24 apr 2020	gb 036	Pand in gebruik	Polygoon	143753,76	389240,38
--	52027	0	18:09, 24 apr 2020	gb 037	Pand in gebruik	Polygoon	143795,49	389175,68
--	52028	0	18:09, 24 apr 2020	gb 038	Pand in gebruik	Polygoon	143569,02	389285,95
--	52029	0	18:09, 24 apr 2020	gb 039	Pand in gebruik	Polygoon	143365,39	389427,11
--	52030	0	18:09, 24 apr 2020	gb 040	Pand in gebruik	Polygoon	143759,29	389161,23
--	52031	0	18:09, 24 apr 2020	gb 041	Pand in gebruik	Polygoon	143859,84	389026,58
--	52032	0	18:09, 24 apr 2020	gb 042	Pand in gebruik	Polygoon	143327,18	389538,37
--	52033	0	18:09, 24 apr 2020	gb 043	Pand in gebruik	Polygoon	143603,78	389303,98
--	52034	0	18:09, 24 apr 2020	gb 044	Pand in gebruik	Polygoon	143778,88	388999,50
--	52035	0	18:09, 24 apr 2020	gb 045	Pand in gebruik	Polygoon	143782,91	389194,49
--	52036	0	18:09, 24 apr 2020	gb 046	Pand in gebruik	Polygoon	143199,29	389487,83
--	52037	0	18:09, 24 apr 2020	gb 047	Pand in gebruik	Polygoon	143863,11	388969,71
--	52038	0	18:09, 24 apr 2020	gb 048	Pand in gebruik	Polygoon	143596,47	388909,23
--	52039	0	18:09, 24 apr 2020	gb 049	Pand in gebruik	Polygoon	143607,33	389426,36
--	52040	0	18:09, 24 apr 2020	gb 050	Pand in gebruik	Polygoon	143604,31	389268,30
--	52041	0	18:09, 24 apr 2020	gb 051	Pand in gebruik	Polygoon	143221,90	389482,04
--	52042	0	18:09, 24 apr 2020	gb 052	Pand in gebruik	Polygoon	144071,99	389030,76
--	52043	0	18:09, 24 apr 2020	gb 053	Pand in gebruik	Polygoon	143346,72	388029,82
--	52044	0	18:09, 24 apr 2020	gb 054	Pand in gebruik	Polygoon	143478,76	389439,50
--	52045	0	18:09, 24 apr 2020	gb 055	Pand in gebruik	Polygoon	143604,67	389407,76
--	52046	0	18:09, 24 apr 2020	gb 056	Pand in gebruik	Polygoon	143930,39	389108,64
--	52047	0	18:09, 24 apr 2020	gb 057	Pand in gebruik	Polygoon	144137,83	389009,78
--	52048	0	18:09, 24 apr 2020	gb 058	Pand in gebruik	Polygoon	144185,92	388699,09
--	52049	0	18:09, 24 apr 2020	gb 059	Pand in gebruik	Polygoon	144134,42	388818,38
--	52051	0	18:09, 24 apr 2020	gb 060	Pand in gebruik	Polygoon	144172,54	388779,70
--	52053	0	18:09, 24 apr 2020	gb 061	Pand in gebruik	Polygoon	144307,60	388612,26
--	52054	0	18:09, 24 apr 2020	gb 062	Pand in gebruik	Polygoon	144207,02	388623,53
--	52055	0	18:09, 24 apr 2020	gb 063	Pand in gebruik	Polygoon	144335,09	388969,30

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Hoogte	Rel.H	Maaiveld	Hdef.	Vormpunten	Omtrek	Oppervlak	Min.lengte
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	4	21,24	26,25	3,91
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	11	44,61	90,64	0,11
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	56,46	188,71	1,22
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	52,79	159,96	1,64
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	96,54	433,72	1,10
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	106,30	464,67	3,00
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	18	51,56	165,00	0,11
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	71,18	283,20	5,00
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	14	89,64	283,33	0,29
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	14	96,04	299,15	0,33
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	22	76,89	219,39	0,50
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	63,84	177,28	2,03
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	75,85	337,82	3,51
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	55,67	118,57	0,17
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	33,84	61,04	5,21
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	37,30	68,27	5,00
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	33,90	71,80	2,76
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	18	68,30	215,10	0,01
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	56,09	189,83	0,49
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	55,69	132,40	0,29
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	59,40	120,82	0,88
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	14	72,77	157,11	0,19
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	4	19,49	21,42	3,35
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	8	26,80	42,56	0,01
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	9	90,36	365,28	2,89
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	11	158,30	1528,71	0,31
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	234,76	1792,06	2,64
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	88,11	430,82	1,62
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	69,37	247,52	10,04
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	55,50	134,82	6,27
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	63,59	217,38	0,76
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	60,04	221,37	13,02
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	7	50,32	123,88	0,98
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	47,15	127,56	8,32
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	183,50	1147,46	14,76
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	117,04	576,33	12,34
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	190,44	1199,58	14,77
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	11	114,29	743,72	1,04
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	63,63	244,24	12,83
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	182,08	953,49	5,00
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	124,85	613,31	2,99
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	33,61	70,26	7,78
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	43,41	98,24	6,32
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	11	51,87	106,07	0,43
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	41,72	108,09	9,57
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	42,14	108,38	8,76
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	42,67	82,36	0,33
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	36,62	83,70	8,83
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	60,92	228,92	0,07
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	90,78	493,04	18,00
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	31,64	59,44	6,06
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	38,14	75,95	4,99
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	28,53	50,60	6,61
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	31,84	63,23	7,61
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	13	39,06	76,31	NVT
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	34,96	75,56	7,82
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	52,41	162,94	0,77
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	9	60,35	204,22	0,50
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	50,57	159,78	12,38
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	11	51,69	152,90	0,32
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	57,98	131,93	1,45
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	11	47,08	126,57	0,37
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	49,57	122,39	6,77

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Max.lengte	Functie	BAG-id	Gemeente	Jaar	AHN-jaar	Trust	Cp	Refl. 31	Refl. 63	Refl. 125
--	6,73				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	8,42				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,22				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,73				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	21,78				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	22,65				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	13,19				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	23,59				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	16,02				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	20,01				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	7,51				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,48				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	16,72				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	13,27				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,71				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	13,66				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	8,49				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,00				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	15,33				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,25				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	9,26				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,60				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	6,40				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	7,14				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	23,68				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	38,16				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	40,51				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	20,63				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	24,69				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	21,70				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	16,81				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	17,00				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,98				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	15,32				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	76,95				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	46,21				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	80,35				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	31,30				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	18,87				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	78,96				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	42,16				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	9,01				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	15,31				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,12				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,35				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,30				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,44				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	9,48				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,61				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	27,44				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	9,72				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	8,48				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	7,66				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	8,30				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,58				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	9,66				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	15,62				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,14				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,94				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	10,79				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	22,99				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	7,96				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	18,01				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	ItemID	Grp.ID	Datum	Naam	Omschr.	Vorm	X-1	Y-1
--	52057	0	18:09, 24 apr 2020	gb 064	Pand in gebruik	Polygoon	144339,95	388491,92
--	52058	0	18:09, 24 apr 2020	gb 065	Pand in gebruik	Polygoon	144337,63	388058,53
--	52060	0	18:09, 24 apr 2020	gb 066	Pand in gebruik	Polygoon	144146,36	389040,98
--	52061	0	18:09, 24 apr 2020	gb 067	Pand in gebruik	Polygoon	144159,78	389012,86
--	52062	0	18:09, 24 apr 2020	gb 068	Pand in gebruik	Polygoon	144190,69	388625,27
--	52063	0	18:09, 24 apr 2020	gb 069	Pand in gebruik	Polygoon	144175,99	388821,29
--	52064	0	18:09, 24 apr 2020	gb 070	Pand in gebruik	Polygoon	144213,57	388407,09
--	52065	0	18:09, 24 apr 2020	gb 071	Pand in gebruik	Polygoon	144103,55	388989,34
--	52067	0	18:09, 24 apr 2020	gb 072	Pand in gebruik	Polygoon	144253,27	388601,20
--	52068	0	18:09, 24 apr 2020	gb 073	Pand in gebruik	Polygoon	144100,77	388968,58
--	52069	0	18:09, 24 apr 2020	gb 074	Pand in gebruik	Polygoon	144172,66	388780,92
--	52071	0	18:09, 24 apr 2020	gb 075	Pand in gebruik	Polygoon	144339,95	388064,01
--	52076	0	18:09, 24 apr 2020	gb 076	Pand in gebruik	Polygoon	144171,56	388358,40
--	52077	0	18:09, 24 apr 2020	gb 077	Pand in gebruik	Polygoon	144177,84	388557,32
--	52078	0	18:09, 24 apr 2020	gb 078	Pand in gebruik	Polygoon	144133,52	388287,62
--	52079	0	18:09, 24 apr 2020	gb 079	Pand in gebruik	Polygoon	144305,45	388136,21
--	52080	0	18:09, 24 apr 2020	gb 080	Pand in gebruik	Polygoon	144332,51	388323,86
--	52082	0	18:09, 24 apr 2020	gb 081	Pand in gebruik	Polygoon	144173,89	388642,68
--	52083	0	18:09, 24 apr 2020	gb 082	Pand in gebruik	Polygoon	144171,61	388663,40
--	52084	0	18:09, 24 apr 2020	gb 083	Pand in gebruik	Polygoon	144318,04	389127,40
--	52086	0	18:09, 24 apr 2020	gb 084	Pand in gebruik	Polygoon	144339,95	388320,16
--	52088	0	18:09, 24 apr 2020	gb 085	Pand in gebruik	Polygoon	144168,67	388690,12
--	52089	0	18:09, 24 apr 2020	gb 086	Pand in gebruik	Polygoon	144182,29	388297,81
--	52091	0	18:09, 24 apr 2020	gb 087	Pand in gebruik	Polygoon	144144,56	388329,68
--	52093	0	18:09, 24 apr 2020	gb 088	Pand in gebruik	Polygoon	144216,08	388374,32
--	52094	0	18:09, 24 apr 2020	gb 089	Pand in gebruik	Polygoon	144267,86	389127,92
--	52095	0	18:09, 24 apr 2020	gb 090	Pand in gebruik	Polygoon	144339,95	388279,33
--	52096	0	18:09, 24 apr 2020	gb 091	Pand in gebruik	Polygoon	144321,92	388282,86
--	52097	0	18:09, 24 apr 2020	gb 092	Pand in gebruik	Polygoon	144278,79	388599,82
--	52098	0	18:09, 24 apr 2020	gb 093	Pand in gebruik	Polygoon	144306,52	388976,37
--	52099	0	18:09, 24 apr 2020	gb 094	Pand in gebruik	Polygoon	144327,09	389153,73
--	52100	0	18:09, 24 apr 2020	gb 095	Pand in gebruik	Polygoon	144183,56	388724,31
--	52102	0	18:09, 24 apr 2020	gb 096	Pand in gebruik	Polygoon	144197,47	388402,20
--	52103	0	18:09, 24 apr 2020	gb 097	Pand in gebruik	Polygoon	144164,06	388807,79
--	52104	0	18:09, 24 apr 2020	gb 098	Pand in gebruik	Polygoon	144328,39	388121,92
--	52106	0	18:09, 24 apr 2020	gb 099	Pand in gebruik	Polygoon	144099,80	388954,24
--	52107	0	18:09, 24 apr 2020	gb 100	Pand in gebruik	Polygoon	144298,59	388998,45
--	52108	0	18:09, 24 apr 2020	gb 101	Pand in gebruik	Polygoon	144178,90	388254,25
--	52109	0	18:09, 24 apr 2020	gb 102	Pand in gebruik	Polygoon	144303,81	388118,02
--	52112	0	18:09, 24 apr 2020	gb 103	Pand in gebruik	Polygoon	144322,19	388089,08
--	52113	0	18:09, 24 apr 2020	gb 104	Pand in gebruik	Polygoon	144252,06	389124,12
--	52115	0	18:09, 24 apr 2020	gb 105	Pand in gebruik	Polygoon	144150,39	388430,18
--	52122	0	18:09, 24 apr 2020	gb 106	Pand in gebruik	Polygoon	144192,80	388386,88
--	52123	0	18:09, 24 apr 2020	gb 107	Pand in gebruik	Polygoon	144277,69	388988,00
--	52130	0	18:09, 24 apr 2020	gb 108	Pand in gebruik	Polygoon	144112,98	388310,71
--	52131	0	18:09, 24 apr 2020	gb 109	Pand in gebruik	Polygoon	144163,47	389171,79
--	52135	0	18:09, 24 apr 2020	gb 110	Pand in gebruik	Polygoon	144295,14	388083,69
--	52136	0	18:09, 24 apr 2020	gb 111	Pand in gebruik	Polygoon	144163,24	389045,59
--	52138	0	18:09, 24 apr 2020	gb 112	Pand in gebruik	Polygoon	144278,83	389106,14
--	52140	0	18:09, 24 apr 2020	gb 113	Pand in gebruik	Polygoon	144171,12	388788,54

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Hoogte	Rel.H	Maaiveld	Hdef.	Vormpunten	Omtrek	Oppervlak	Min.lengte
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	5	43,28	117,02	3,66
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	7	51,02	143,32	3,22
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	30	77,58	246,52	0,01
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	7	44,73	106,90	2,51
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	43,44	106,65	7,50
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	14	50,10	99,71	0,28
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	39,42	95,29	8,50
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	40,54	92,58	2,98
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	17	42,62	93,72	0,01
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	36,38	75,17	1,35
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	44,13	75,47	NVT
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	24,34	21,67	0,02
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	187,74	1910,78	10,70
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	283,30	2480,85	4,64
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	15	152,00	1144,91	1,99
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	146,89	995,45	2,32
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	14	129,16	904,44	0,97
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	14	143,64	749,98	0,57
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	137,02	748,71	13,57
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	13	142,27	707,32	1,82
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	5	115,50	388,39	0,17
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	7	127,99	563,24	1,78
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	108,58	555,30	4,01
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	23	168,92	608,32	0,62
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	102,83	444,61	1,03
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	22	116,74	427,72	0,47
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	85,75	306,86	4,30
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	16	99,05	395,28	0,20
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	93,01	363,60	4,99
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	73,86	336,22	16,28
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	12	84,51	301,98	0,12
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	9	79,60	375,76	NVT
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	85,83	318,67	9,53
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	88,12	303,67	8,53
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	77,84	302,62	0,30
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	81,43	294,50	9,41
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	83,10	293,99	2,89
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	73,26	276,79	2,67
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	67,45	276,37	13,96
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	9	68,86	269,65	3,18
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	10	70,58	246,10	0,01
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	63,41	240,27	12,53
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	6	61,95	181,23	2,83
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	8	53,98	180,86	NVT
--	7,00	7,00	0,00	Relatief	4	148,12	1202,53	24,04
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	8	14,58	11,96	0,08
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	4	20,24	24,96	4,25
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	4	18,58	21,05	3,92
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	4	17,62	19,26	4,01
--	3,50	3,50	0,00	Relatief	4	14,82	13,19	2,97

Bijlage 2. Invoergegevens rekenmodel

Model: LAr;LT
 Oirschotsedijk Hilvarenbeek - Gemeente Hilvarenbeek
 Groep: (hoofdgroep)
 Lijst van Gebouwen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Groep	Max.lengte	Functie	BAG-id	Gemeente	Jaar	AHN-jaar	Trust	Cp	Refl. 31	Refl. 63	Refl. 125
--	12,94				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,01				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	9,53				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,45				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,30				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	7,53				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,21				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,19				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	10,08				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	11,84				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	12,12				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	10,22				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	64,05				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	61,01				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	26,92				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	47,36				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	27,78				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	39,50				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	54,92				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	27,18				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	50,89				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	53,06				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	22,00				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	28,99				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	35,34				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,05				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	16,09				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	18,53				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	28,50				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	20,66				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	15,24				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	24,40				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	33,37				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	35,51				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	24,13				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	31,30				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	29,22				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	21,70				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	19,73				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	20,99				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	21,48				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	19,17				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	23,14				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	14,63				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	50,03				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	3,38				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	5,87				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	5,37				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	4,80				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80
--	4,44				1959	0	0	0 dB	0,80	0,80	0,80

Bijlage 3

Bijlage 3. Rekenresultaten LAr;LT

Rapport: Resultatentabel
 Model: LAr;LT
 LAeq totaalresultaten voor toetspunten
 (hoofdgroep)
 Groep:
 Groepsreductie: Nee

Naam										
Toetspunt	Omschrijving	X	Y	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal	Li	
t 01_A	Heikant 3a	144195,84	388619,05	1,50	33,9	32,6	27,3	37,6	38,6	
t 01_B	Heikant 3a	144195,84	388619,05	5,00	35,8	34,6	29,2	39,6	40,3	
t 02_A	Heikant 3b	144175,72	388770,38	1,50	33,1	31,8	26,5	36,8	37,8	
t 02_B	Heikant 3b	144175,72	388770,38	5,00	35,6	34,4	29,0	39,4	40,1	
t 03_A	Heikant 5	144171,29	388823,80	1,50	28,6	27,3	22,0	32,3	33,3	
t 03_B	Heikant 5	144171,29	388823,80	5,00	31,0	29,7	24,4	34,7	35,4	
t 04_A	Oirschotsedijk 4	143809,27	389009,49	1,50	36,5	35,3	29,9	40,3	41,2	
t 04_B	Oirschotsedijk 4	143809,27	389009,49	5,00	38,5	37,2	31,9	42,2	42,7	
t 05_A	Oirschotsedijk 4 achtergevel	143628,67	388920,75	1,50	29,0	27,7	22,4	32,7	33,4	
t 05_B	Oirschotsedijk 4 achtergevel	143628,67	388920,75	5,00	33,0	31,7	26,4	36,7	36,8	
t 06_A	Oirschotsedijk 4 zijgevel	143629,46	388924,47	1,50	30,9	29,6	24,3	34,6	35,3	
t 06_B	Oirschotsedijk 4 zijgevel	143629,46	388924,47	5,00	33,0	31,7	26,4	36,7	36,8	
t 07_A	Oirschotsedijk 6 achtergevel	143767,16	388994,34	1,50	38,9	37,7	32,3	42,7	43,5	
t 07_B	Oirschotsedijk 6 achtergevel	143767,16	388994,34	5,00	41,6	40,4	35,0	45,4	45,8	
t 08_A	Oirschotsedijk 6 zijgevel	143766,10	388995,79	1,50	36,6	35,4	30,0	40,4	41,3	
t 08_B	Oirschotsedijk 6 zijgevel	143766,10	388995,79	5,00	39,7	38,4	33,1	43,4	43,9	
t 09_A	Voorste Heistraat 1	144120,80	388307,55	1,50	27,1	25,9	20,5	30,9	31,9	
t 09_B	Voorste Heistraat 1	144120,80	388307,55	5,00	30,6	29,3	24,0	34,3	35,0	

Alle getoonde dB-waarden zijn A-gewogen