

A 3D topographic map of a region, likely in Germany, showing terrain elevation with a color gradient from green (low) to blue (high). A rectangular floating photovoltaic (FPV) panel is shown in a semi-transparent blue color, floating above a lake. The panel is tilted slightly. The background is a dark blue sky.

**Dr. Andreas
Will**
Atmosphärische
Prozesse

**Abschätzung des Einflusses
von Floating Photovoltaic
auf die Verdunstung
von Tagebauseen**

1. **Einfluß von Tagebauseen auf die Wasserbilanz in der Lausitz**
 1. **Regionales Klimamodell für die Lausitz auf der Basis des Modells des COSMO-CLM**
 2. **Modellierung des Einflusses von Tagebauseen auf das regionale Klima in der Lausitz**
 1. **Modellentwicklungen**
 2. **Durchgeführte Berechnungen**
 3. **Modellergebnisse**
 1. **Klimaperiode 2000-2014**
 2. **Typisches Jahr (2010)**
 3. **Trockenes und Heißes Jahr (2006) und Klimaänderung**
2. **Abschätzung der Verdunstungsreduktion durch schwimmende Photovoltaikanalgen**
 1. **Experimentelle Ergebnisse**
 2. **Typische Seegröße und Flächenanteil von FPV**
3. **Zusammenfassung der Ergebnisse**

Modellgebiet

301x401 Gitterpunkte,
1 km räumliche Auflösung

Lausitz nach Abschluß der Flutung

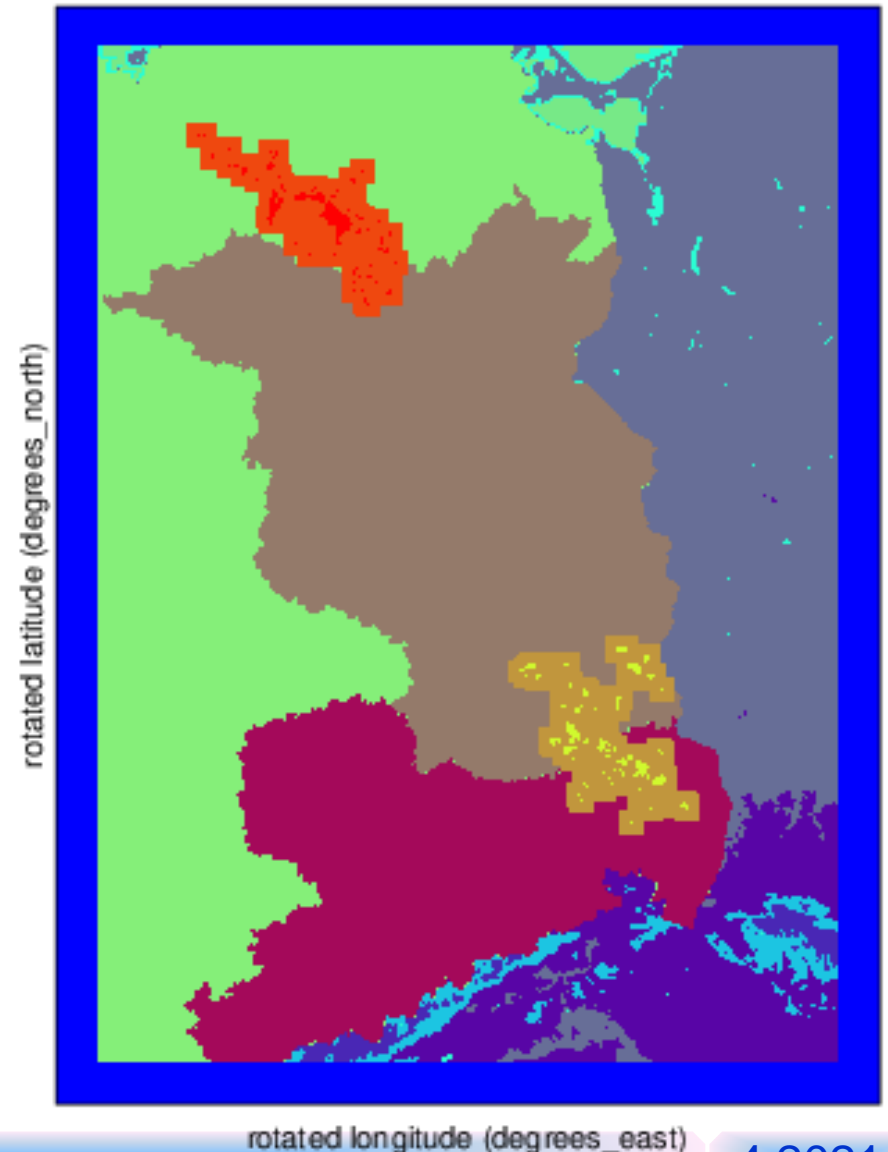
LAW Wasserpunkte in der Lausitz
LAL Landpunkte in der Lausitz
LAG Alle Punkte in der Lausitz

Müritz (Vergleichsgebiet)

MUW Wasserpunkte in der Müritz
MUL Landpunkte in der Müritz
MUG Alle Punkte in der Müritz

Bodendaten

FAO Weltweiter Standard
HWSD Hoch aufgelöster Datensatz des
Joint Research Center der EU



(null) Thu Nov 26 07:21:37 2008

Durchgeführte Berechnungen mit COSMO-CLM

Kennung	Simulierte Zeit	Effektive Auflösung	Bodendaten	Tagebaus.
--- DWD Standard				
CDE011	2000-2014	12 km	FAO	-----
---- + BTU-Numerik + Tagebauseen + HWSD-Boden				
CDE012	2000-2014	6 km	FAO	-----
LAU014	2006	2 km	HWSD	-----
LAU015	2006	2 km	HWSD	ja
LAU114	2010	2 km	HWSD	-----
LAU115	2010	2 km	HWSD	ja

Literatur

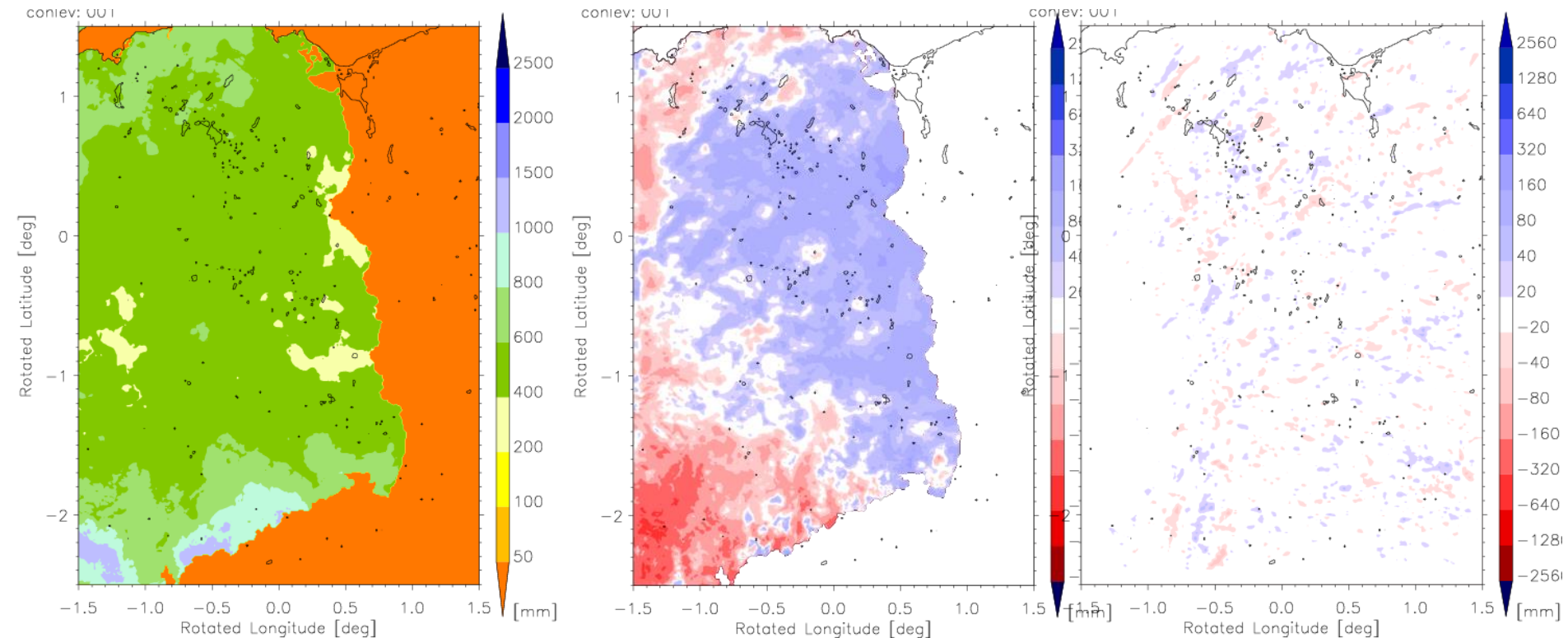
Ogaja&Will (2016), Fourth Order Conservative Discretisation of Horizontal Euler Equations in the COSMO model and Regional Climate Simulations, MetZ, 25, 577-605

Nixdorf et al (1996), Braunkohletagebauseen in Deutschland, Abschlußbericht FKZ 29822240, Umweltbundesamt

CDC001

LAU045-CDC001

LAU045-LAU044



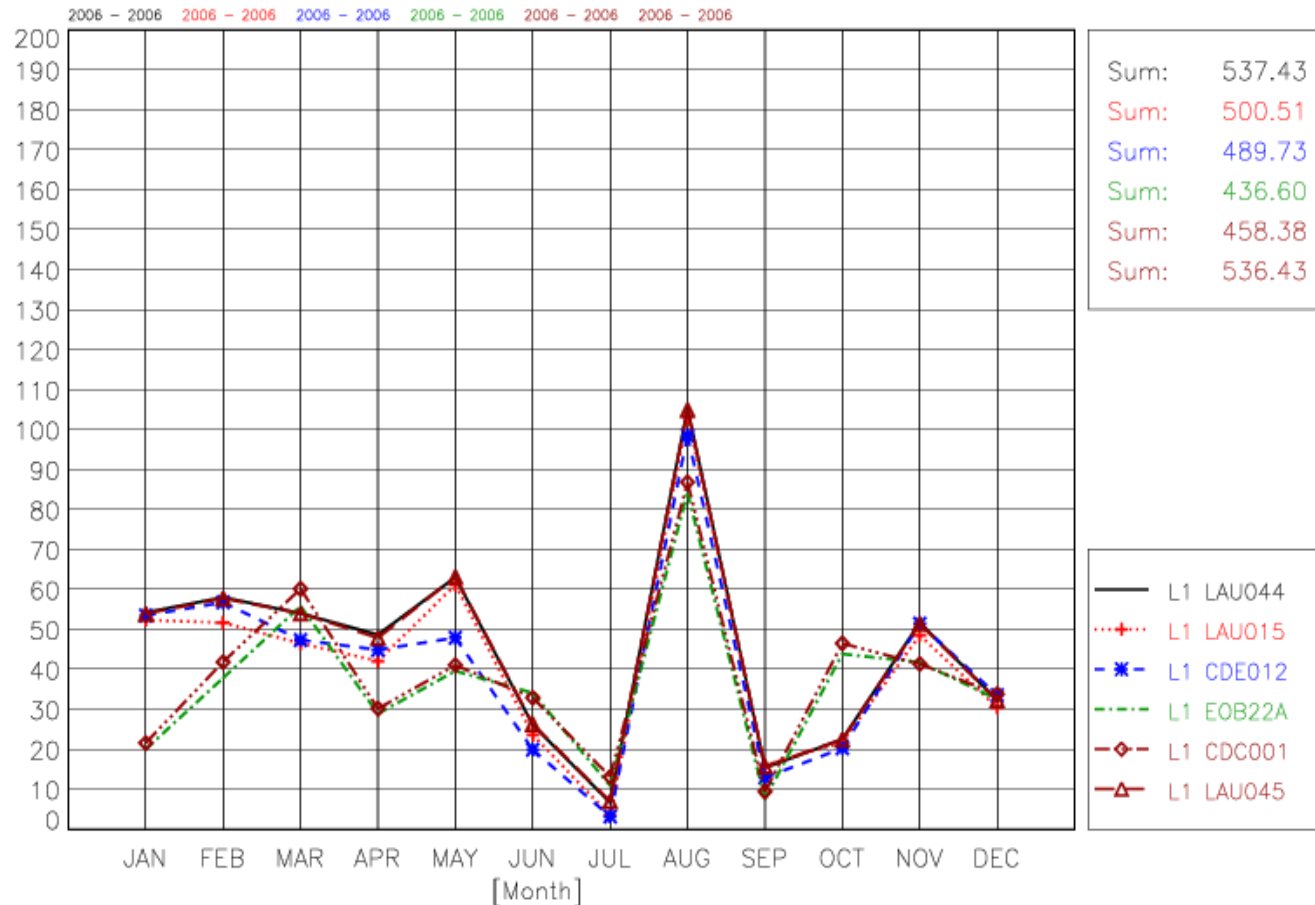
CDC001: Beobachteter Niederschlag in Nord-Ost Deutschland 2006

LAU045-CDC001: Differenz des simulierten und beobachteten Niederschlagssumme 2006 zeigt eine relativ geringe Abweichung (< 20%).

LAU045-LAU044: Differenz der simulierten Niederschlagssummen 2006 mit und ohne Tagebauseen zeigt keinen Einfluß der Tagebauseen auf den Niederschlag.

Jahresgänge 2006 in der Lausitz (2700 qkm)

PRECIPITATION: AREA SUM: LAG (2651 POINTS, GRID: GRD316) INC:24h



Die Simulationen
Überschätzen den
beobachteten
Niederschlag im
Frühjahr um rund 50
mm.

Simulationen geben
den Niederschlag im
Sommer sehr gut
wieder. (sehr gering
im Juli, hoch im
August, gering im
September)

1.3 Ergebnisse: Verdunstungswärmefluß (LHFL)

CDE011 (Ref)

CDE012

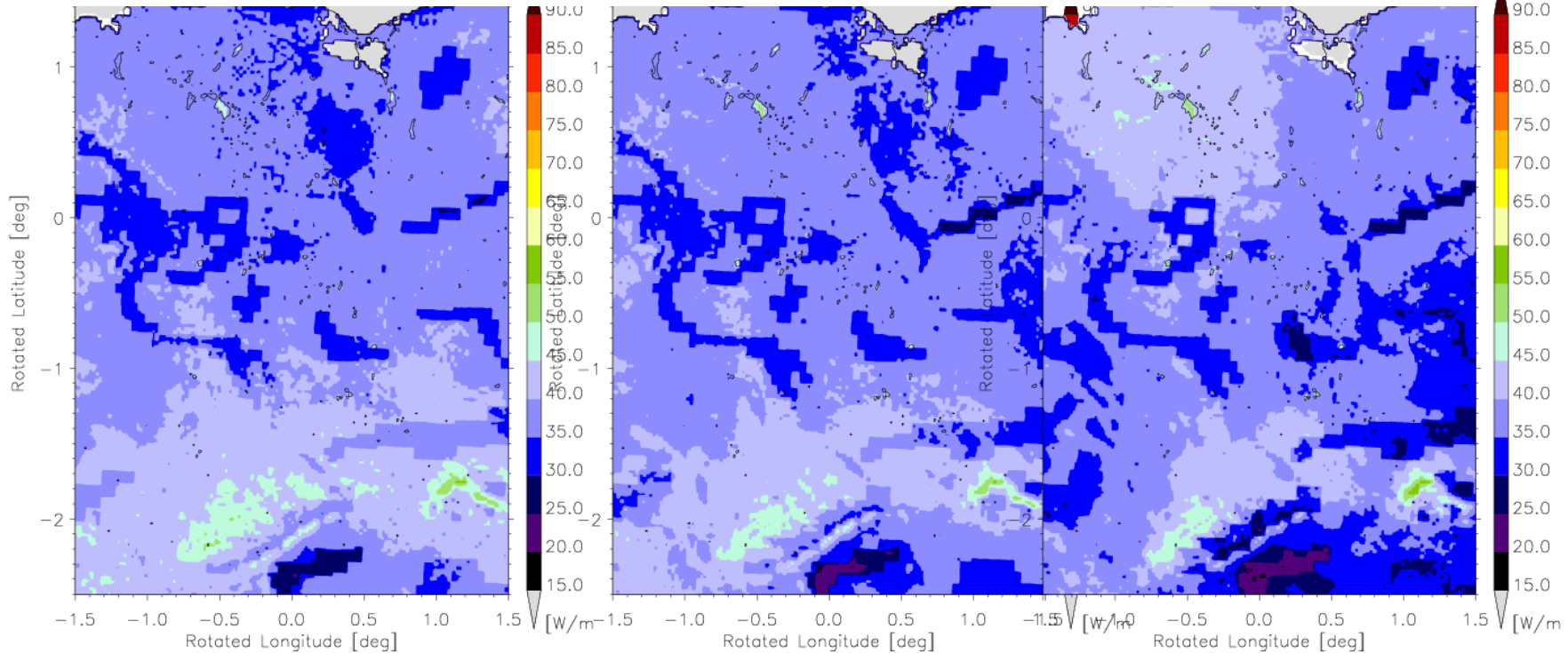
CDE012

2000-2014

2000-2014

2006

Lat
cor



Beobachtete Verdunstungswärme in Nord-Ost Deutschland nicht verfügbar.

**CDE011+CDE012: FAO Boden zeigt eine geringe räumliche Auflösung,
Keine Tagebauseen in der Lausitz (da zu klein)**

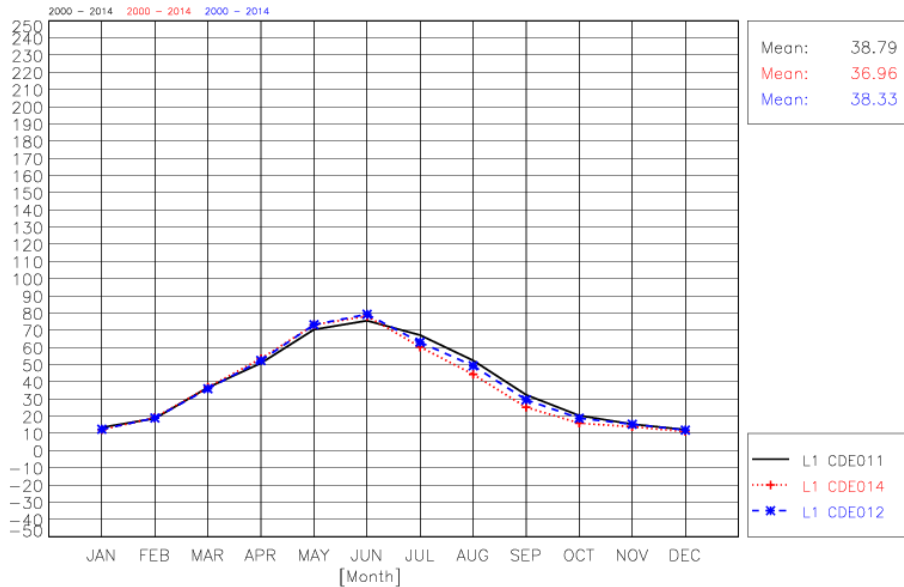
CDE012 (BTU-Numerik): Der Land-Wasser Kontrast deutlicher als in CDE011.



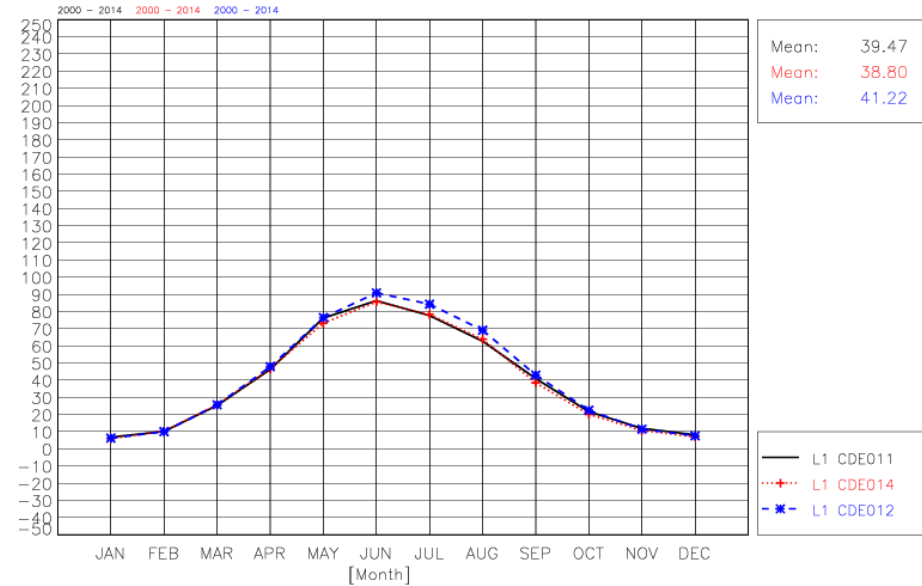
1.3 Ergebnisse: Verdunstungswärmefluß (LHFL) 2000-2014

Wasserpunkte (CDE011+CDE012)

Lausitz (262 km²)



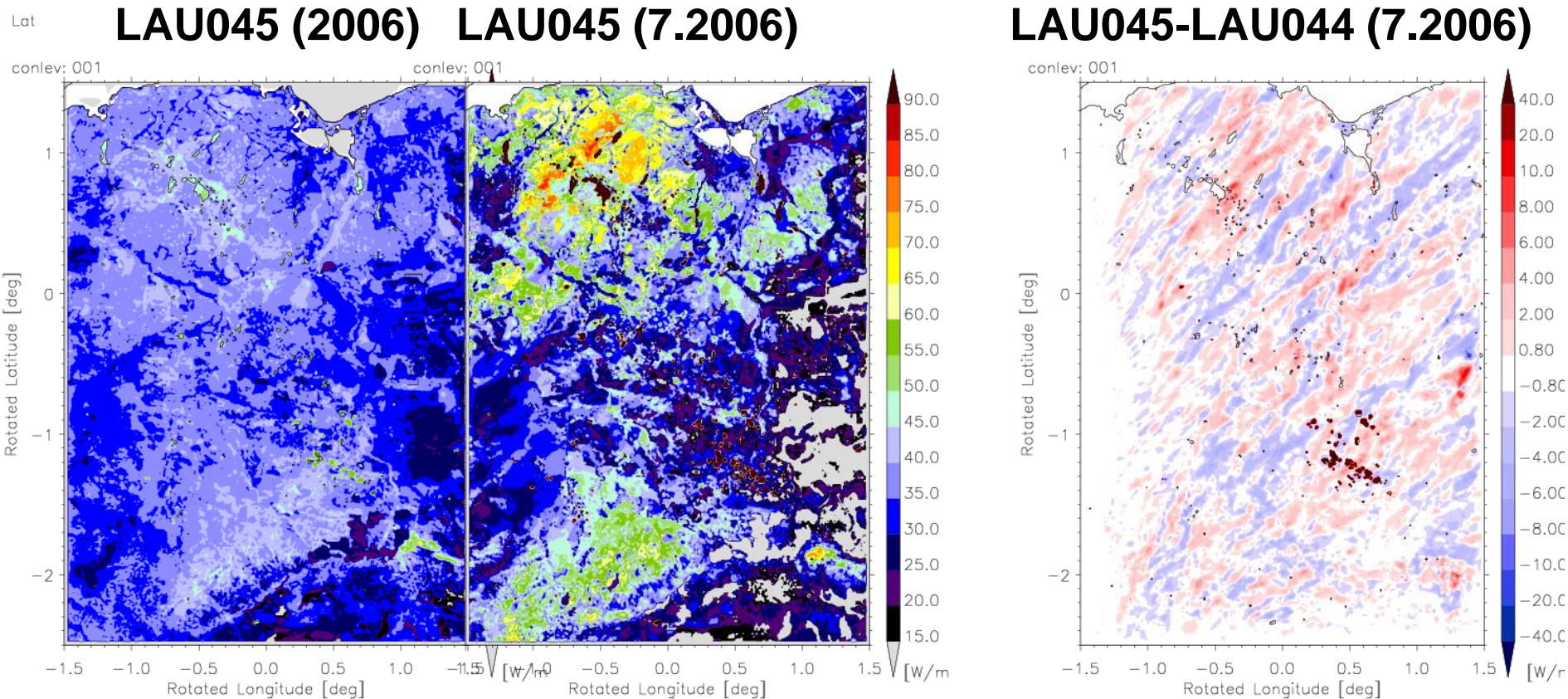
Müritz (273 km²)



Mittlerer LHFL in der Müritz und Lausitz 39 W/qm (= 492 mm/y Niederschlag)

Stärkerer Jahresgang von LHFL in der Müritz da viele Punkte der verwendeten Lausitzseemaske in CDE012 und CDE011 Landpunkte sind.

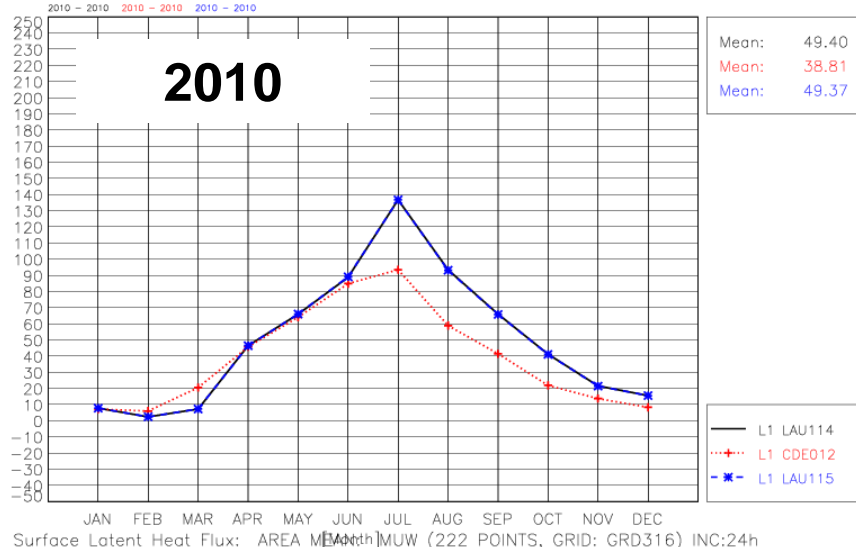
1.3 Ergebnisse: Verdunstungswärmefluß (LHFL)



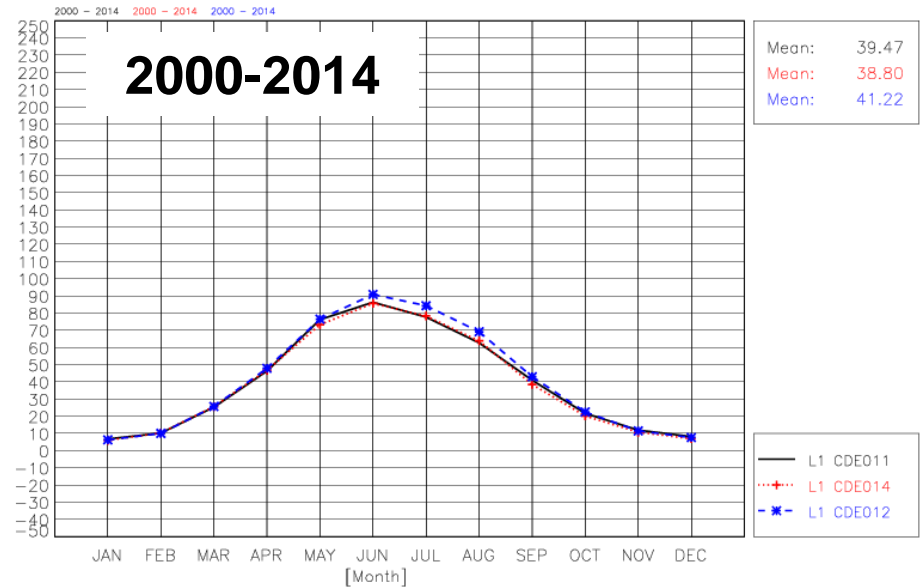
LAU045: HWSD Boden führt zur deutlich realistischeren räumlichen Verteilung.
 LAU045-LAU044: Differenz der Verdunstung mit und ohne Tagebauseen zeigt im Juli 2006 eine Erhöhung der Verdunstung um mehr als 40 W/qm.

1.3 Ergebnisse: Verdunstung über Wasser in der Müritz

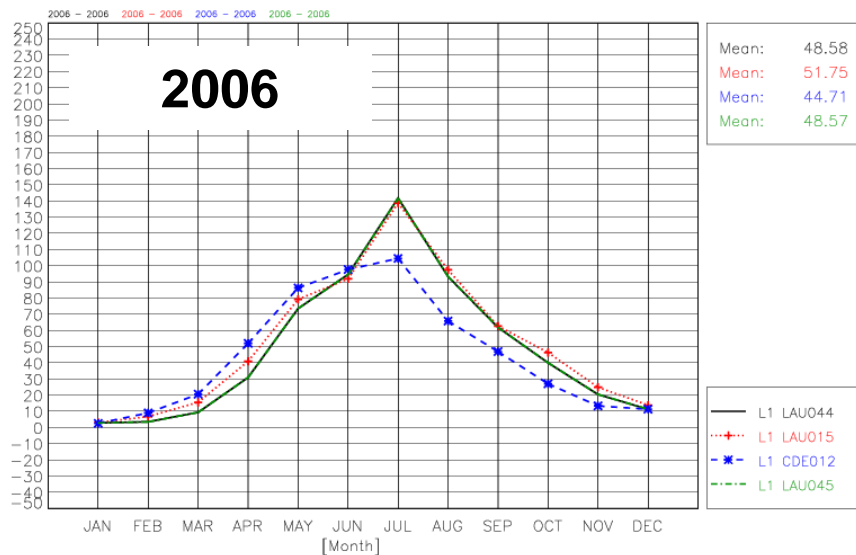
Surface Latent Heat Flux: AREA MEAN: MUW (222 POINTS, GRID: GRD316) INC:24h



Surface Latent Heat Flux: AREA MEAN: MUW (222 POINTS, GRID: GRD316) INC:24h



Surface Latent Heat Flux: AREA MEAN: MUW (222 POINTS, GRID: GRD316) INC:24h



In der Müritz kann die Verdunstung über Wasserflächen in LAU und CDE Simulationen direkt verglichen werden:
CDE012 (6km effektive Auflösung) zeigt in jedem Jahr eine Verdunstung von 40 W/qm. Im Juli steigt sie auf 100 W/qm
LAU Simulationen (2km effektive Auflösung) zeigen eine Verdunstung von 50 W/qm (630 mm/y) und bis zu 140 W/qm im Juli.

1.3 Ergebnisse: Verdunstung in der Lausitz

**LAU Simulationen mit und ohne
Tagebauseen in der Lausitz zeigen eine
Erhöhung der Verdunstung durch
Tagebauseen :**

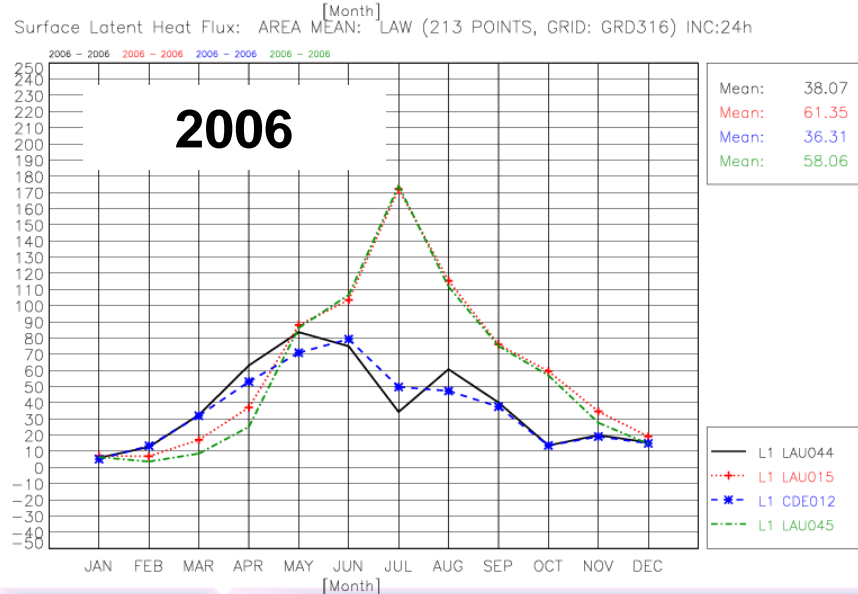
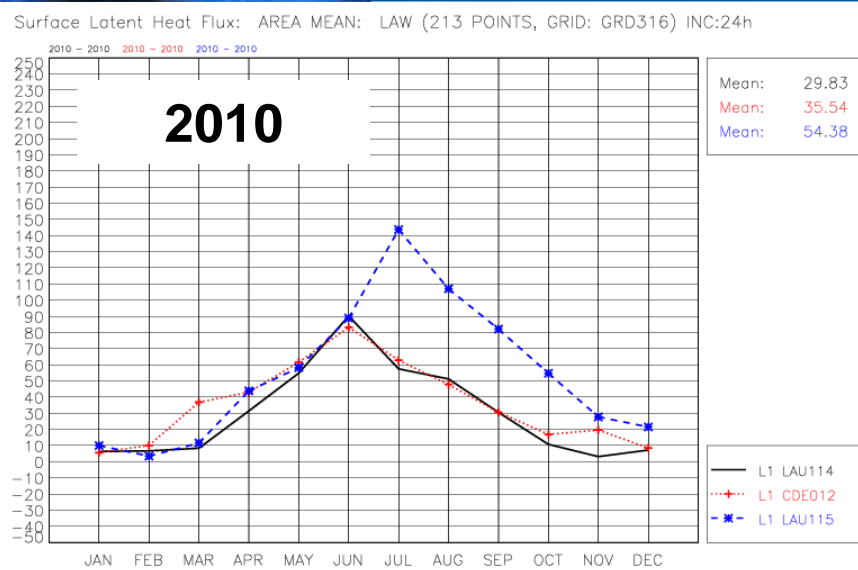
Jahresmittel:

30 auf 54 W/qm in 2010 -> + 24 W/qm
38 auf 58 W/qm in 2006 -> + 20 W/qm

Juli

58 auf 143 W/qm in 7.2010 -> + 85 W/qm
35 auf 170 W/qm in 7.2006 -> +135 W/qm

Verdunstungswärme: HE = 2.5 E6 W/kg
Verdunstungsänderung: $\Delta V = \Delta ALHFL_S / HE$
Verwendete Seenfläche Lausitz: A_L = 258 qkm



1.3 Ergebnisse: Einfluß von Tagebauseen auf die Verdunstung

Einfluß von Tagebauseen auf die Verdunstung	Verdunstungs wärmefluß LHFL_S [W/qm]	Verdunstung über TBS V_w [mm]	Verdunstung aus TBS $V_w A_L$ ($A_L=258\text{qkm}$) [m ³ /s]	Niederschlag – Verdunstung PREC- V_w [mm]
2006				
Über Land (LAU044)	40	479	3,92	57
Über Wasser (LAU045)	60	731	5,98	-195
Tagebauseeffekt = Wasser – Land (LAU045-LAU044)	20	252	2,06	
Juli 2006				
Über Land (LAU044)	35	36	3,6	-29
Über Wasser (LAU045)	170	176	17,5	-169
Tagebauseeffekt = Wasser – Land (LAU045-LAU044)	135	140	13,9	

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF FLOATING
SOLAR PANELS ON REDUCING EVAPORATION IN
SINGAPORE RESERVOIRS

GAIR KAI XIANG MELVIN

DEPARTMENT OF CIVIL & ENVIRONMENTAL
ENGINEERING
NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE

2014/2015

- Ähnliche meteorologische Bedingungen wie in der Lausitz
- Messung bei realen Wetterbedingungen 23. 3 bis 14.4. 2015

Experiment-design

- Variation des Abstands des PV-moduls von der Wasseroberfläche



Figure 3.4.1: Final experiment setup

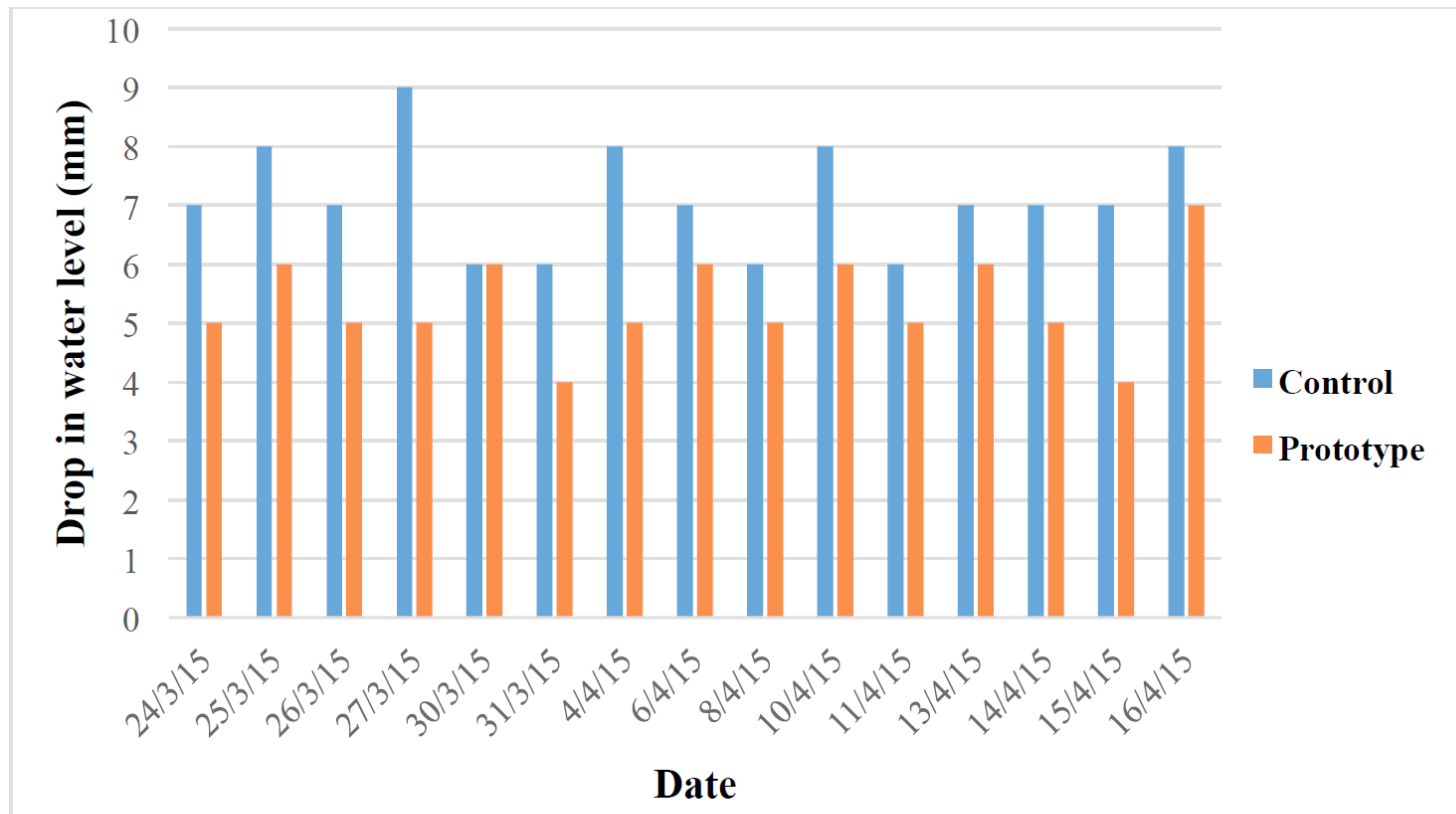


Figure 4.2.1: Comparison of evaporation rate between prototype and control

Ergebnis:

Reduktion der Verdunstung um ung. 30% (RV) durch floating Photovoltaic

Typische Breite eines Sees:
 $2 \text{ km} = (1+2+3)/3 \text{ km}$

Ansatz für maximale Fläche von FPV:

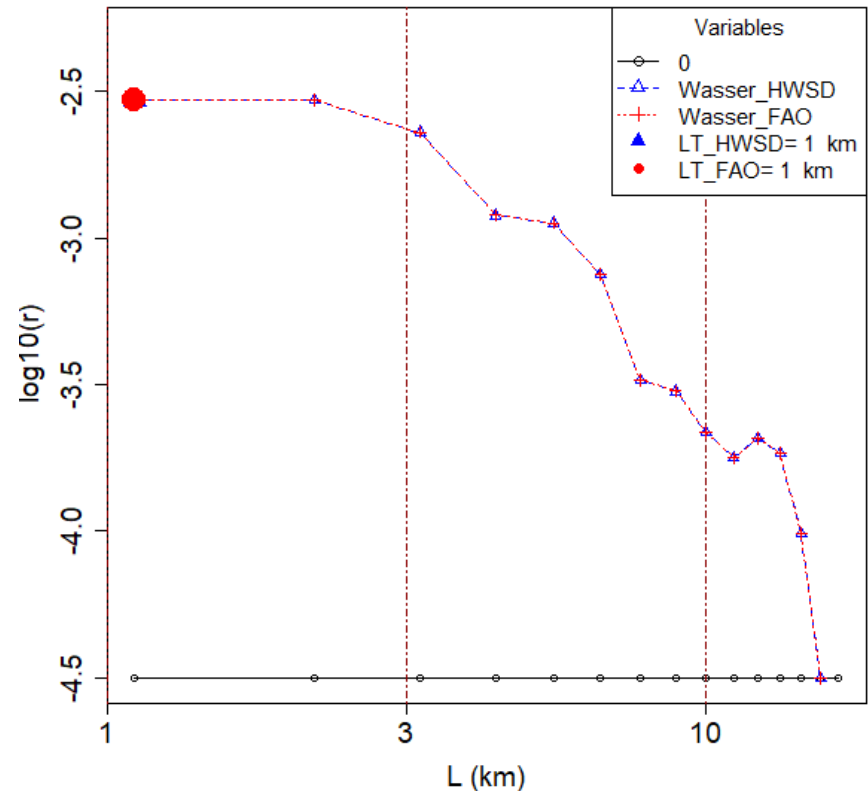
Uferabstand: 500m
 FPV-Fläche=

$(2-1) \text{ km} \times (2-1) \text{ km} = 1 \text{ qkm}$

FPV-Flächenanteil: $< 25 \%$

Reduktion der Verdunstung:
FPV-Flächenteil * RP $< 25\% * 0,3 < 8\%$

Relativer Flaechenanteil $rR(L,s)$ in NOD



1. Verdunstungsreduktion durch FPV

Verdunstungsreduktion (ΔV_{FPV}) durch FPV beträgt bis zu 30% der Verdunstung über Wasser (V_W) auf der bedeckten Fläche (A_{FPV}):

$$\Delta V_{FPV} A_{FPV} \approx 30\% V_W A_{FPV}$$

Verdunstung über Land (V_L) beträgt etwas 70% der Verdunstung (V_W) über Wasserfläche (A_W). Damit beträgt die zusätzliche Verdunstung über Wasser ($\Delta V_W A_W$):

$$\Delta V_W A_W = (V_W - 0.7 V_W) A_W = 0.3 V_W A_W$$

2. FPV-Flächen (A_{FPV}) in der Lausitz

Gesamtfläche FPV (sehr optimistisch, 25%):

$$A_{FPV} = 31.2 \text{ qkm}$$

Gesamtfläche FPV (optimistisch, 10%):

$$A_{FPV} = 12.5 \text{ qkm}$$

3. Verdunstungsreduktion durch FPV im Vergleich mit zusätzlicher Verdunstung durch Tagebauseen:

Bei optimistischem Ausbau von FPV (10% der Seenflächen) kann die zusätzlich durch die Tagebauseen erzeugte Verdunstung um bis zu 10% reduziert werden.

Einfluß von Tagebauseen auf die Verdunstung (Jahreswerte)	Verdunstungswärme­fluß LHFL_S [W/qm]	Verdunstung V [mm]	Verdunstung V_L [m³/s]	Fläche in der Lausitz [qkm]
Jahresmittel				Seenfläche
Tagebauseeeffekt = Wasser – Land (LAU045-LAU044)	20	252	2,06	258
Tagebauseeeffekt = Wasser – Land (LAU045-LAU044)	20	252	0,56	70
Jahresmittel				FPV-Fläche
Floating PV Effekt (LAU045-LAU044)	-4,4	-55	-0.45	64
Floating PV Effekt (LAU045-LAU044)	-1,8	-23	-0.19	25,8

- **Neueste Modell­er­geb­nisse zeigen, daß in der Lausitz über Wasser die Verdunstung etwa 50% höher ist als über Land.**
- **Es kann er­wartet werden, dass durch Floating PV bedeckte Wasser­flä­chen im Mittel gleiche viel Wasser verdunsten wie Land­flä­chen. Bei einem Flä­chen­an­teil von 10% wären dies 10% der zusätz­lichen Verdunstung über Wasser­flä­chen.**