

Qualifizierung und Optimierung im Kraftwerksbetrieb in Andasol 3

M. Vauth, Th. Blanke (RWE)

N. Janotte, B. Nouri, C. Prah, M. Röger (DLR)

19. Kölner Sonnenkolloquium
Köln, 06.07.2016



Gliederung

1. Parabolrinnenkraftwerk Andasol 3
2. Betriebserfahrung Andasol 3 (RWE)
3. Kooperation mit FuE-Institutionen
4. DLR Messungen im Kraftwerk

Optische Messungen

Thermische Messungen

5. Ausblick der Kooperation mit FuE-Institutionen

1. Parabolrinnenkraftwerk Andasol 3

Kerndaten

Solarfeld

Größe Solarfeld:	497,040 m ²
Anzahl Parabolspiegel:	204,288
Anzahl Absorberrohre:	21,888 Rohre (jedes 4 m lang)
Thermischer Speicher:	30.000 t Salz (für 8 Stunden Spitzenstrom)

Kraftwerksblock

Turbinenleistung:	ca. 50 MW
Betriebsstunden im Jahr:	3,300 Volllaststunden
Geplante Erzeugung	ca. 170 GWh*
*incl. Zufeuerung durch Gas	



Andasol 3:
Wärmetauscher



Andasol 3: Solarfeld

2. Produktionszahlen Andasol 3

Relative Entwicklung der Performance Andasol 3

	FPT (06/13- 07/14)	2014	2015	April 2015/ March 2016	2016 (End of revision - 20.06)	Units
PLANT PERFORMANCE	100	98,4	103,3 ^{*1}	104,9 ^{*2}	109,5 ^{*3}	%

*1: Revision März 2015 *2: Revision Januar/Februar 2016 *3: Wartung Netzanschluss 2016

- Performance im „Final Performance Test“ als Referenzwert auf 100 % gesetzt
- Vor dem “Final Performance Test” lag ein 6-monatiger Stillstand durch Turbinenschaden
- Vor diesem Stillstand lag die Performance in der IBN-Phase bei ca. 50 %

Annahmen:

- Performanceberechnung um Gasverbrauch bereinigt
- Performanceberechnung berücksichtigt nicht:
 - Stillstandzeiten für Wartung (EPC Vertrag)
 - Verfügbarkeitsfaktor(EPC Vertrag)
 - Streichtage (EPC Vertrag)

2. Betriebserfahrung Andasol 3

Phase 1: Behebung technischer Mängel (in IBN-Phase)

- Technische Mängel insbesondere im konventionellen Teil der Anlage (Turbine, Rohrleitungsbau, Pumpen, Swivel Joints), sowie schwache Performance und schleppende Inbetriebnahme
- Technische Mängel wurden durch Kooperation zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer unter Einbeziehung von Dritten (techn. Experten) behoben
- Einführung von Betriebsanweisungen basierend auf Best Practice
-> zu Beginn deutliche Performanceunterschiede zwischen Schichtleitern

Phase 2: Optimierung der Betriebsweise durch Analyse der Verfahrenstechnik und Thermodynamik

- Kein „Big Shot“ um Effizienz zu steigern, nachdem technische Mängel weitgehend gelöst sind
- Technische Optimierung durch:
 - > Homogenisierung der Austrittstemperatur der einzelnen Loops
 - > Optimierung der Betriebsweise des Salzspeichers
 - > Effizienzsteigerung durch Austausch von Komponenten (z.B. Ventile)
 - > Gezielte Wartung (max. 1-2 Loops in Revision)



Phase 3: Weitere gestartete Optimierungen:

- Wechsel von korrektiver zu präventiver Wartung
- Produktionsplanung auf Marktpreise hin optimieren (Effizienz kann sinken aber Erlöse steigen)

2. Externe Produktionsverluste

January – June 2016	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June (01-20.06)	2016 (End of revision - 20.06)	Unit
PLANT PERFORMANCE (acc. 5th Add.)	44.6 ^{*2}	88,5 ^{*2}	89,2 ^{*3}	105,5	103,1	105,3	100 ^{*3}	%
Production Loss by External Causes	1,2	1,9	15,8	0,5	0,2	2,7	4,1	%
PLANT PERFORMANCE ADJUSTED (acc. 5th Add.)	45,9	90,4	105,0	106,0	103,3	108,0	104,1	%

*2: Revision Januar/Februar 2016 *3: Wartung Netzanschluss März 2016

- Performance in „2016“ als Referenzwert auf 100 % gesetzt

Externe Hauptverluste (nicht berücksichtigt in Performanceberechnung)

- Restriktionen Netzbetreiber
-> ca. 100 MWh_{el} in H1/2016
- Wartung Schaltanlage
-> ca. 2000 MWh_{el} in 03/2016
- Hohe Windgeschwindigkeiten
- Spiegelverschmutzung durch „Sahara-Staub“
- Kondensation und Eisbildung

2. Externe Produktionsverluste



- Spiegelverschmutzung durch "Sahara Staub"
 - > Abnahme der Reflektivität von >97% auf ca. 85%
 - > Abnahme der Erzeugung im gleichen Verhältnis (ca. -12%)
 - > 16 Tage werden für die Reinigung benötigt



- Hohe Windgeschwindigkeiten im Solar Field
 - > Solarfeld geht in Schutzstellung
 - > Verlust abhängig von Auslegung (v_{Wind})
 - > ca. 650 MWh_{el} in H1/2016 (ca. 1% der Produktion)



- Kondensation und Eisbildung
 - > Winter: ca. -15% Verlust an thermischer Energie vom Solarfeld
 - > Variabilität der Verluste in Abhängigkeit von T, WR, RL...
 - leichte Kondensation: 15 MWh_{el}/Tag
 - starke Kondensation: 25 MWh_{el}/Tag
 - Eisbildung: 50 MWh_{el}/Tag

3. Kooperation FuE-Institutionen

- Kooperation mit FuE-Institutionen wichtig für weitere Qualifizierung und Optimierung von Andasol 3
 - > Weitere Optimierung der Anlagentechnik (z.B. Problemfeld Swivel Joints)
 - > Optimierung von Messinstrumenten und -methoden
 - > Frühzeitige Analyse von Problemfeldern (z.B. H₂-Problematik)
- Bereits bestehende bzw. avisierte Kooperation mit dem DLR
 - > Thermische Messungen an Parabolrinnen
 - > Luftgestützte Vermessung von Parabolrinnen
 - > Ölmonitoring (H₂-Problematik)
 - > REPA-Teststand (Swivel-Joint/Flex Hose Teststand)

4. Optische Messungen

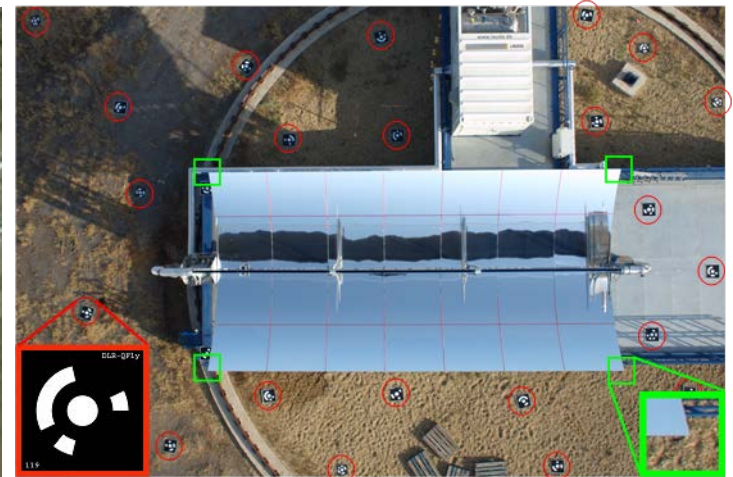
Luftgestützte Vermessung von Parabolrinnen



a) Quadrocopter mit Kamera bei einem Testflug auf der PSA

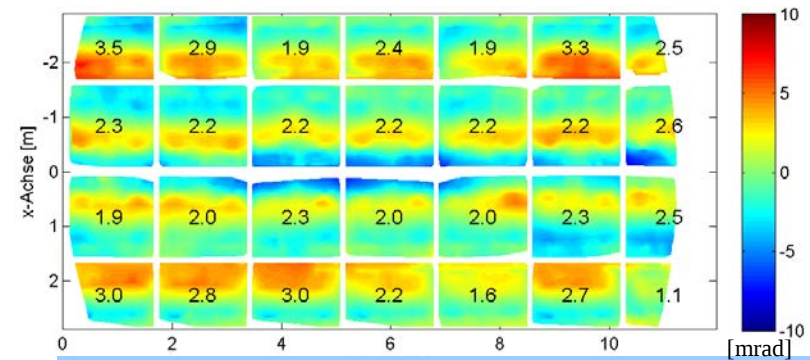


b) Automatische Wegpunkt-Erzeugung (DISS, PSA)



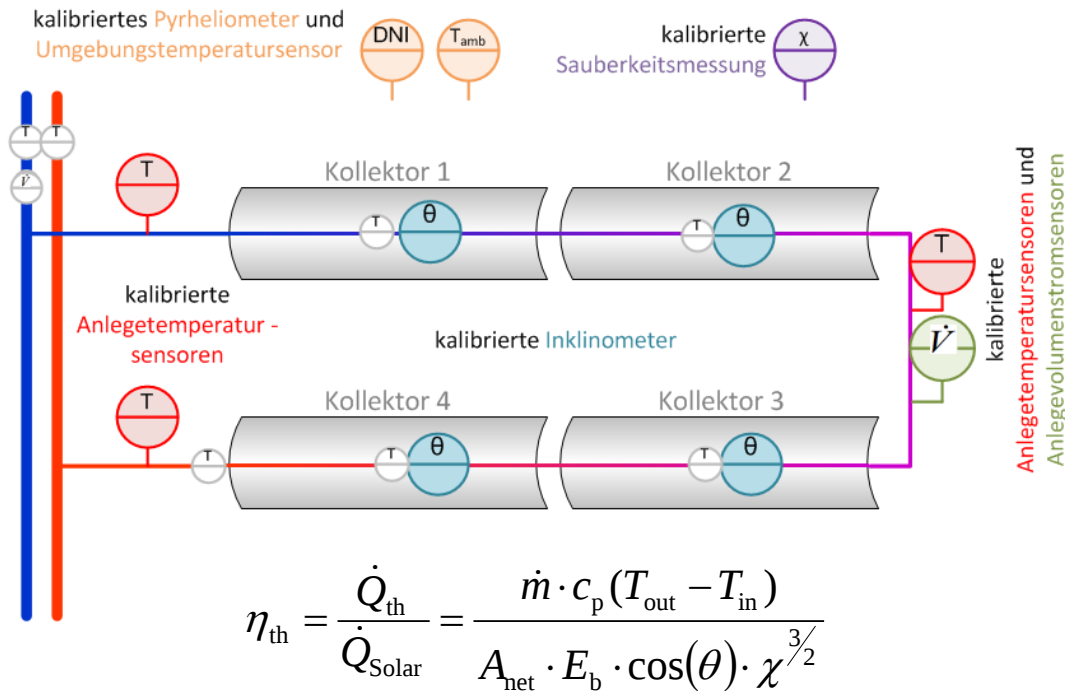
c) Photogrammetrische Bestimmung von Kamera- und Kollektorposition

- System erfolgreich **validiert** für einzelne Loops (gegenüber TARMES und Photogrammetrie)
- **Messunsicherheit:**
Lokale Steigungsabweichung: 0.6 – 1.1 mrad
RMS über das Modul: ca. 0.1 mrad
- Hochskalierung auf ganze Solarfelder
→ Vortrag C. Prahl: 14:40h



d) Beispiel einer Steigungsfehler-Messung (SD_x) eines Moduls, erzeugt durch das QFly-System

4. Thermische Messungen Mobiles Feldlabor



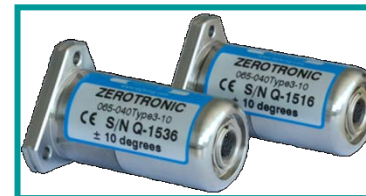
kalibrierte Pt100
Anlegetemperatursensoren



Clamp-on Ultraschall-durchflussmessung



Meteo-Station



clamp-on Inklinometer zur Trackingkontrolle



DSC zur labortechnische cp-Bestimmung



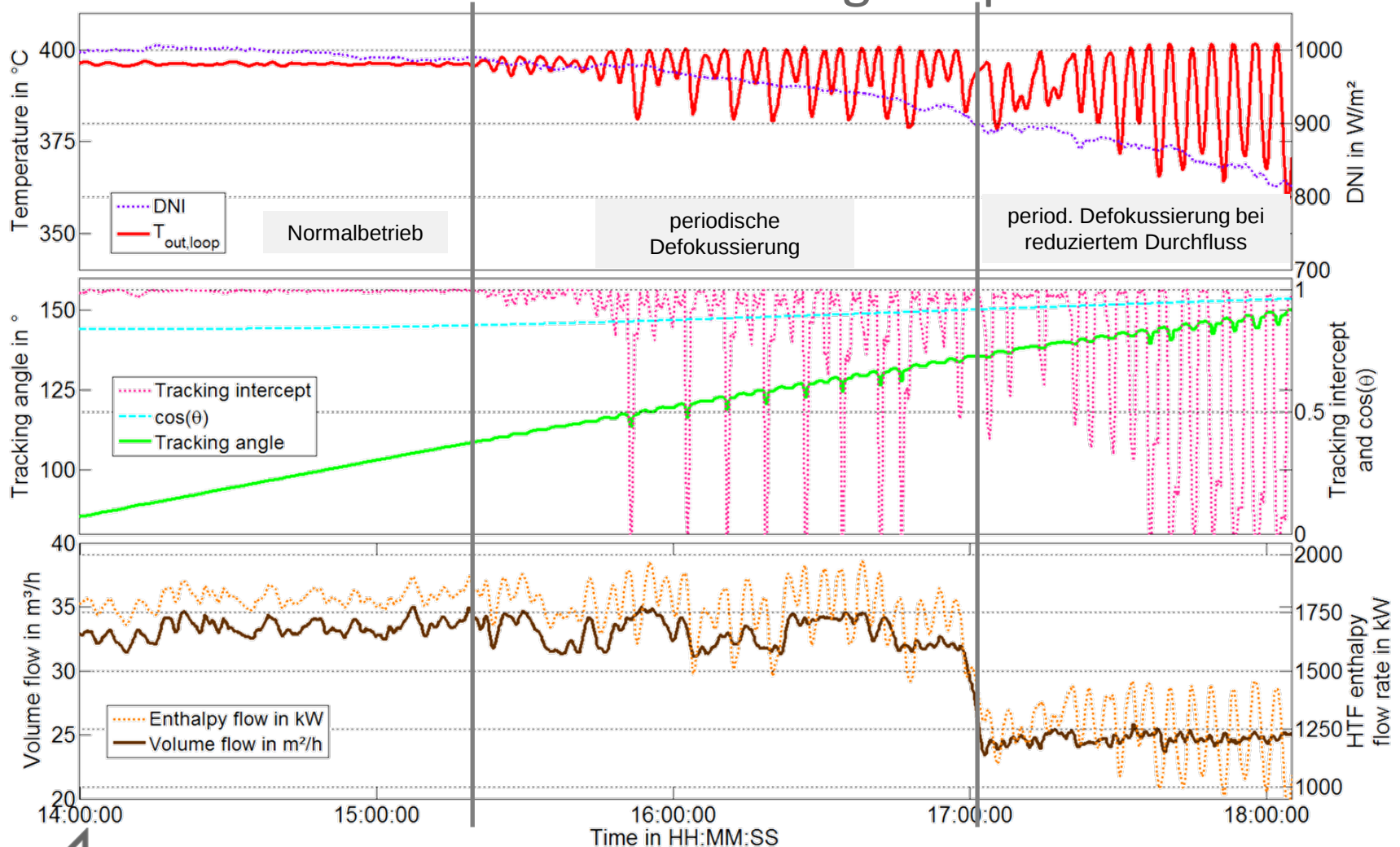
portabler Reflexionsgradmessung zur Sauberkeitsbestimmung

März- Mai 2015:

nicht invasive, unabhängige thermische Vermessung dreier Loops mittels Mobilen Feldlabors

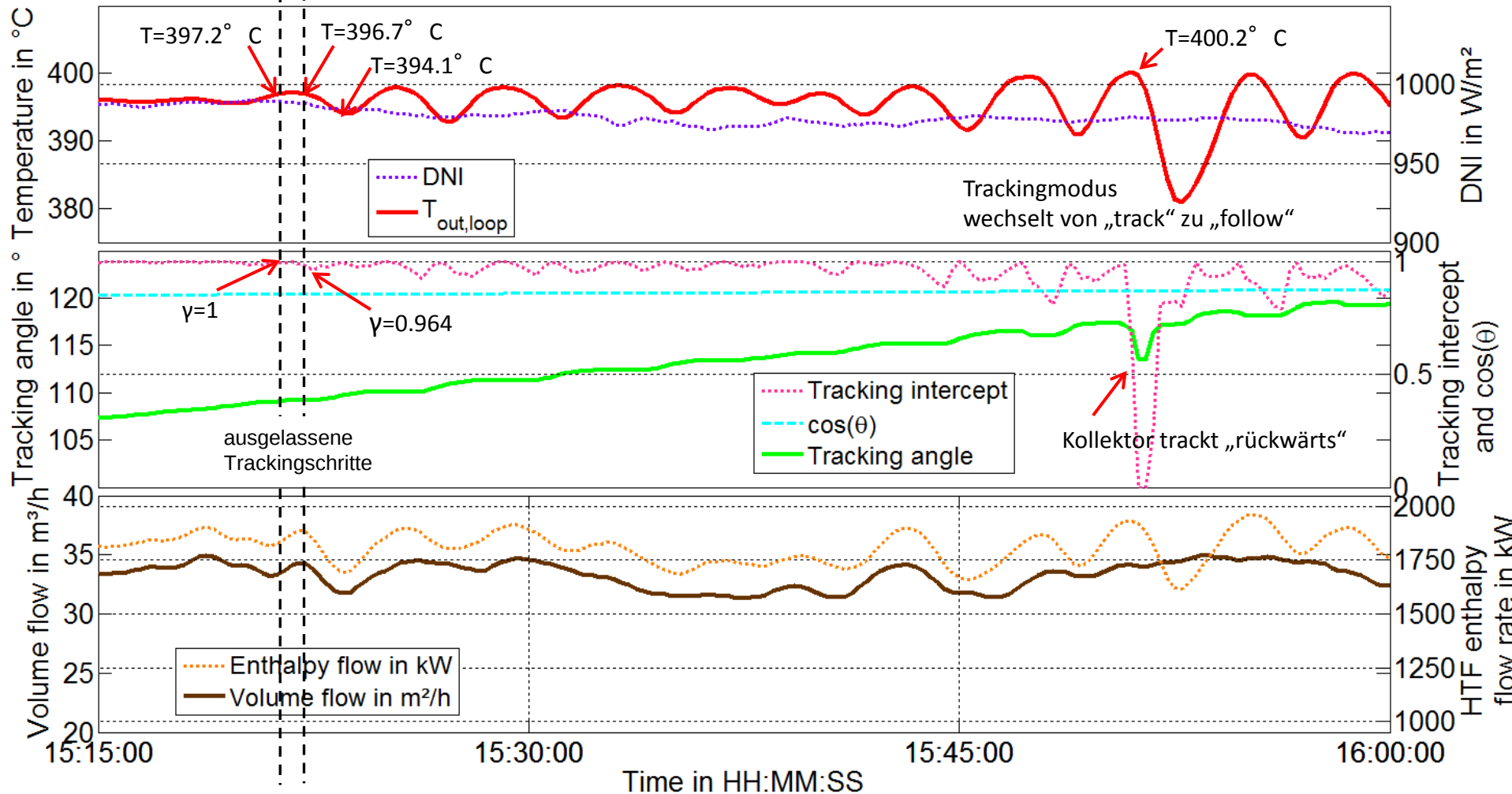
4. Thermische Messungen

Überblick Performance Messung 1. April 2015



4. Thermische Messungen

Detail Tracking



4. Thermische Messungen

Kollektor- und Headertemperaturen

Einstrahlungsschwankungen

Durchflussreduktion
da Speicher gefüllt

Konsequenzen des beobachteten Regelverhaltens:

- Erhöhter Trackingaufwand und Belastung der Antriebe/ bewegten Teile
- Starke Temperaturgradienten -> Materialbelastung
- Ertragseinbußen durch niedrigere mittlere Feldaustrittstemperatur und Frischdampfparameter

Lösung: Anpassung der Regelstrategie und –parameter

Optimierungspotential



5. Ausblick der Kooperation mit FuE-Institutionen

- Kooperation mit FuE-Institutionen wichtig für Qualifizierung und Optimierung von Bestandsanlagen wie z.B. Andasol 3
- FuE sowie Entwicklungsarbeiten sind notwendig um die Wettbewerbsfähigkeit von CSP zu erhalten bzw. zu verbessern
 - > Viel wurde erreicht hinsichtlich der Kostenentwicklung (Vergleich LCOE aktueller Projekte zu Andasol 3)
 - > Weitere Reduzierung von LCOE für Neuanlagen erforderlich (zukünftiger Wettbewerbsdruck z.B. durch PV plus Batteriespeicher)
 - > Enge Kooperation von FuE-Institutionen und Betreibern notwendig, um effizient technische Verbesserungen und spezifische Kostenreduktionen zu erreichen

Vielen Dank

