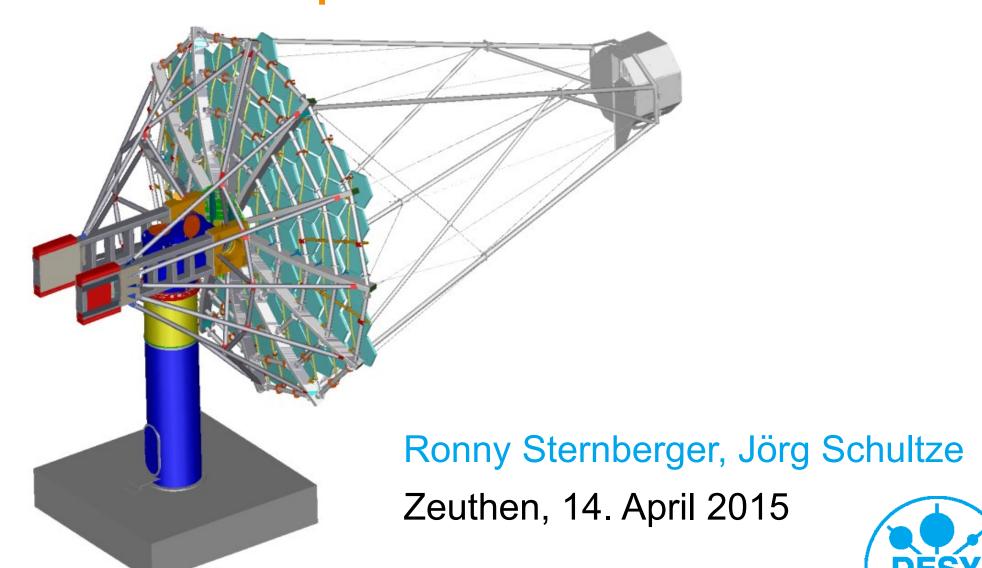
Technische Seminar 2015

Das Steuerungs- und Antriebssystem des CTA-Teleskopes, ein 12m-Cherenkov-Teleskop

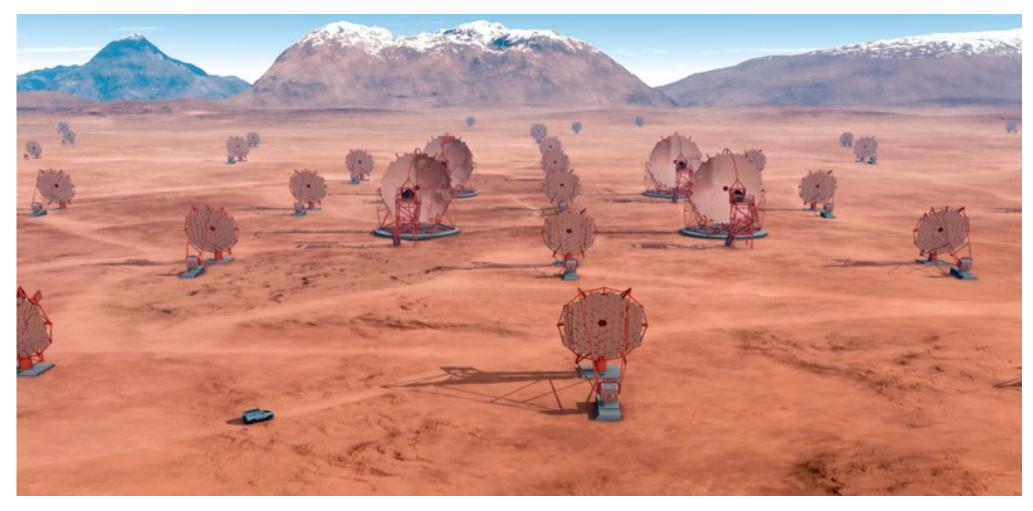




1. Einleitung (1/2)

<u>Cherenkov-Teleskop-Array (CTA):</u>

- Observatorium für erdbasierte Gamma-Strahlen-Astronomie
- Zwei Teleskop-Arrays sind geplant (eins auf der Nord-, eins auf der Südhalbkugel)
- Finale Site-Entscheidung im September
- Installation des Süd-Arrays soll 2016 beginnen





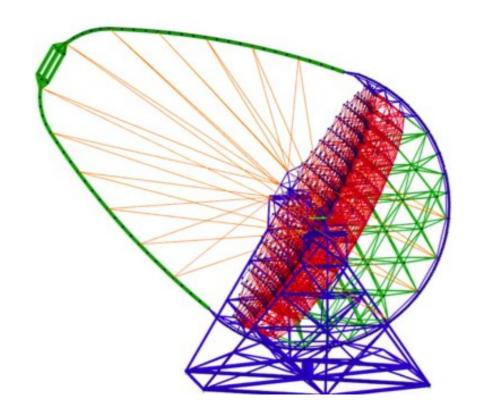
1. Einleitung (2/2)

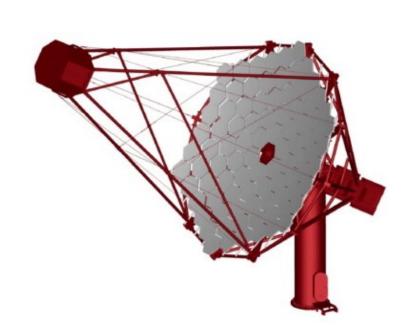
- 3 Teleskoptypen mit unterschiedlichen Spiegelgrößen sind vorgesehen:

<u>Large-Sized Telescope (LST = 24 m)</u>

Medium-Sized
Telescope (MST =12 m)

Small-Sized
Telescope (SST = 4 m)









2. MST-Prototyp (1/9)

DESY ist verantwortlich für die mittelgroßen Teleskope (MST):

➤ Spiegeldurchmesser: 12 m

➤ Fokallänge: 16 m

➤ Gesamtgewicht: ca. 70 Tonnen

➤ Kameragewicht: 2 Tonnen

➤ 1:1 Prototyp wurde 2012 aufgebaut

- > Anforderungen an das Antriebssystem (Beispiele):
 - → Jeder Punkt >30° Elevationswinkel muss in <90 sek erreicht werden
 - → Guter Gleichlauf während typischer Tracking-Geschwindigkeiten
 - → Positioniergenauigkeit soll <0.1° betragen

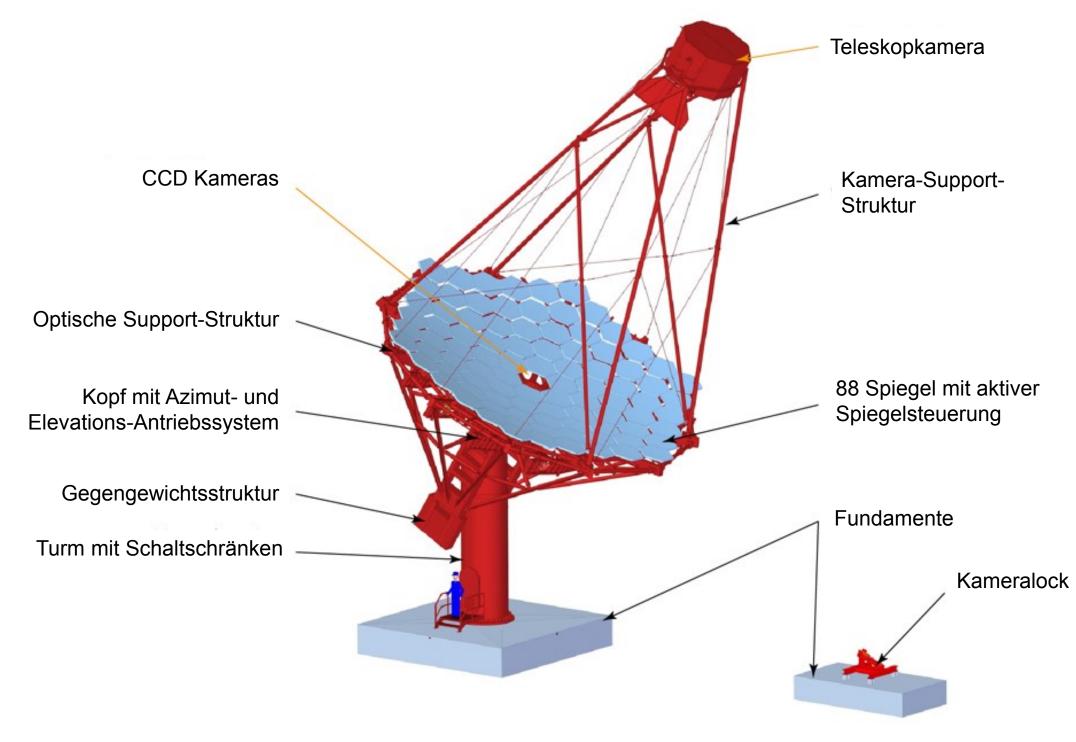
Prototyp in Berlin-Adlershof





2. MST-Prototyp (2/9)

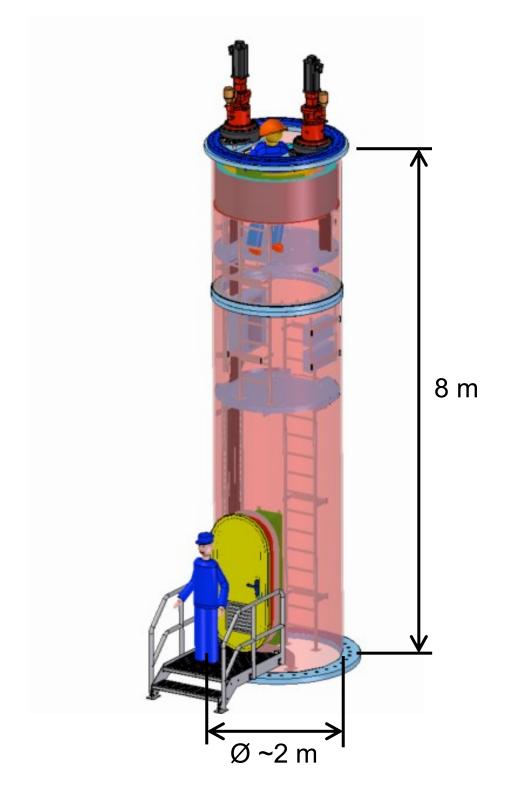
Allgemeiner Aufbau eines MST:





2. MST-Prototyp (3/9)

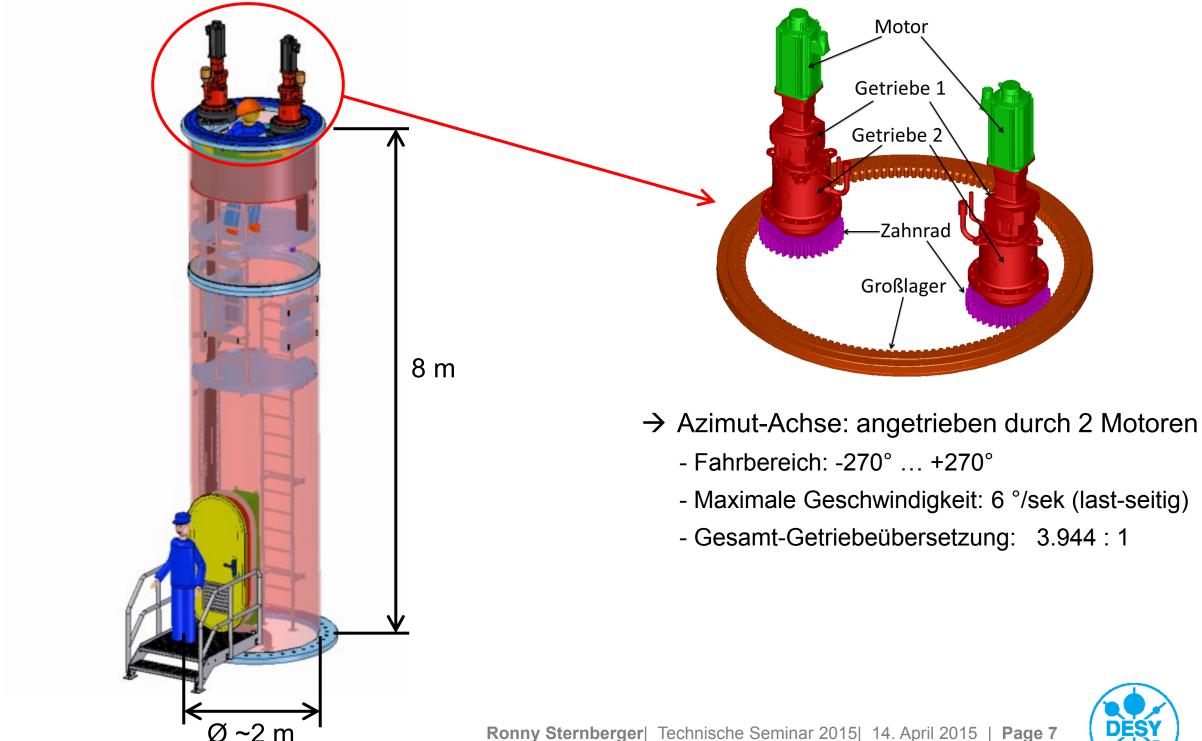
Turm und Azimut-Antriebssystem:





2. MST-Prototyp (3/9)

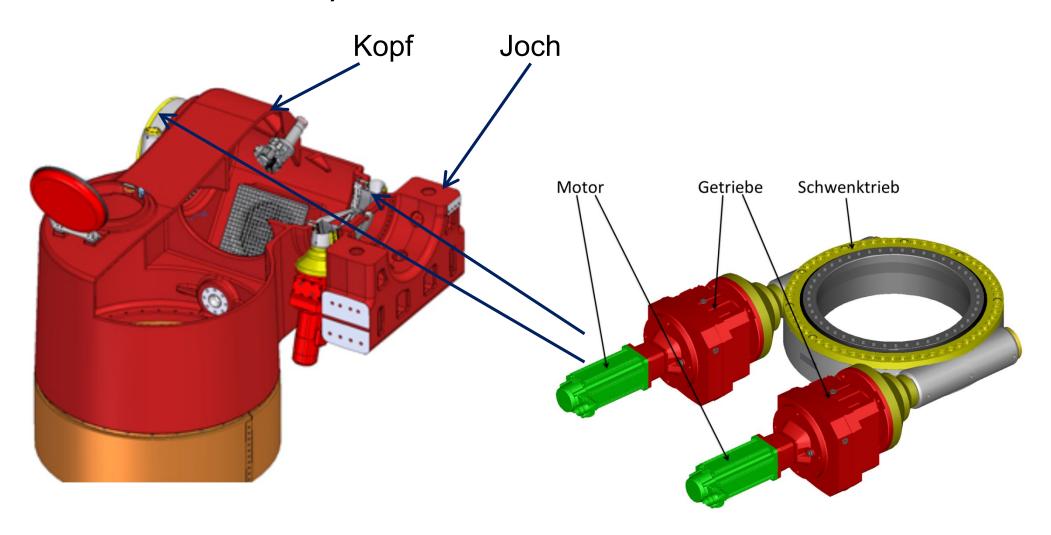
Turm und Azimut-Antriebssystem:





2. MST-Prototyp (4/9)

Kopf mit dem Elevations-Antriebssystem:



→ Elevationsachse: 2 Schwenktriebe mit je 2 Motoren

- Fahrbereich: -20° ... +93°

- Maximale Geschwindigkeit: 1,7 °/sek (last-seitig)

- Gesamt-Getriebeübersetzung: 11.030 : 1



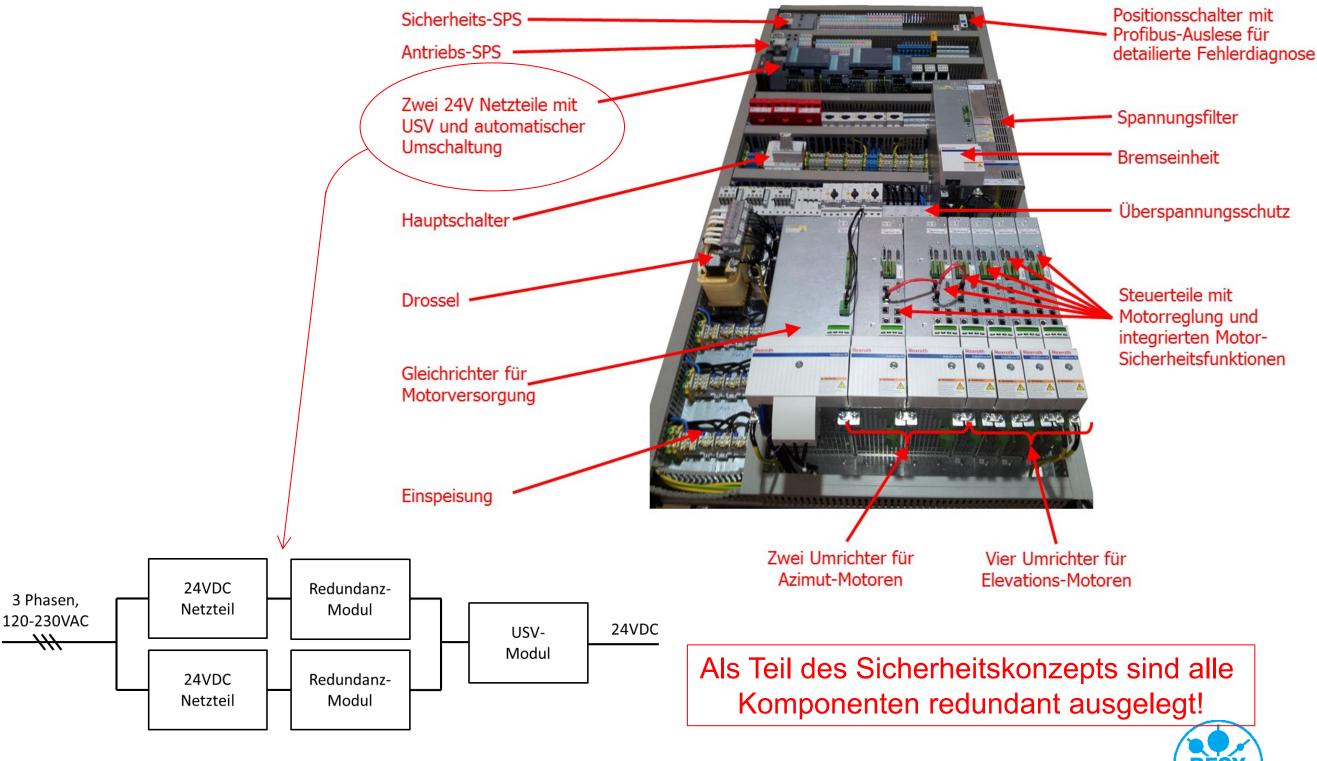
2. MST-Prototyp (5/9)

- Antriebsüberwachungssystem zur vorausschauenden Wartung: Rohdaten Sicherheits-SPS: Start der Messung Empfang **Trends** Alarmsignal 12 Messpunkte: Azimutachse: Elevationsachse: 8 **FFT** Auslese und Signalkonditionierung Zugriff auf Datenbank erlaubt: 1. Visualisierung von Trends Kontrolle der Messung Offline-Analysen Signalanalyse und Datenbank in LAN **Array-Control** -verarbeitung



2. MST-Prototyp (6/9)

Antriebs-Schaltschrank:



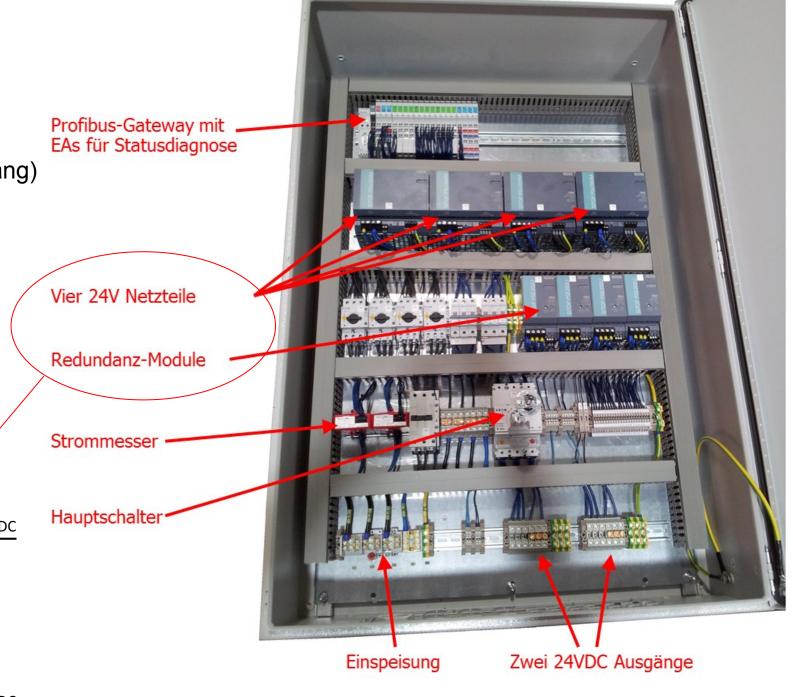
2. MST-Prototyp (7/9)

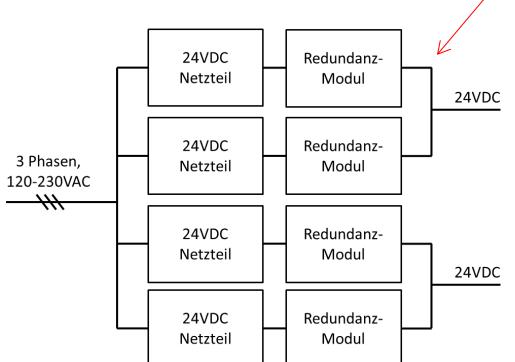
AMC-Schaltschrank:

Versorgung aller Spiegel erfolgt über 2 getrennte 24VDC Ausgänge

Hohe Ausgangsströme (je 80A pro Ausgang)

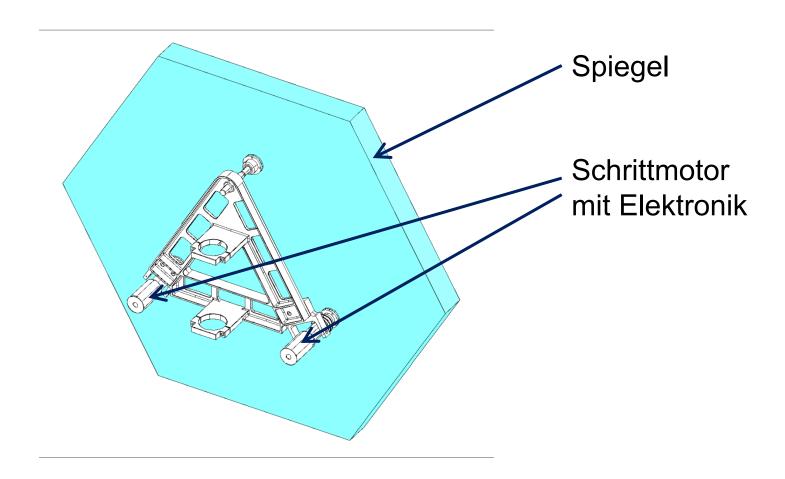
→ 2 Leistungsteile arbeiten pro Kanal im Parallelbetrieb







2. MST-Prototyp (8/9)

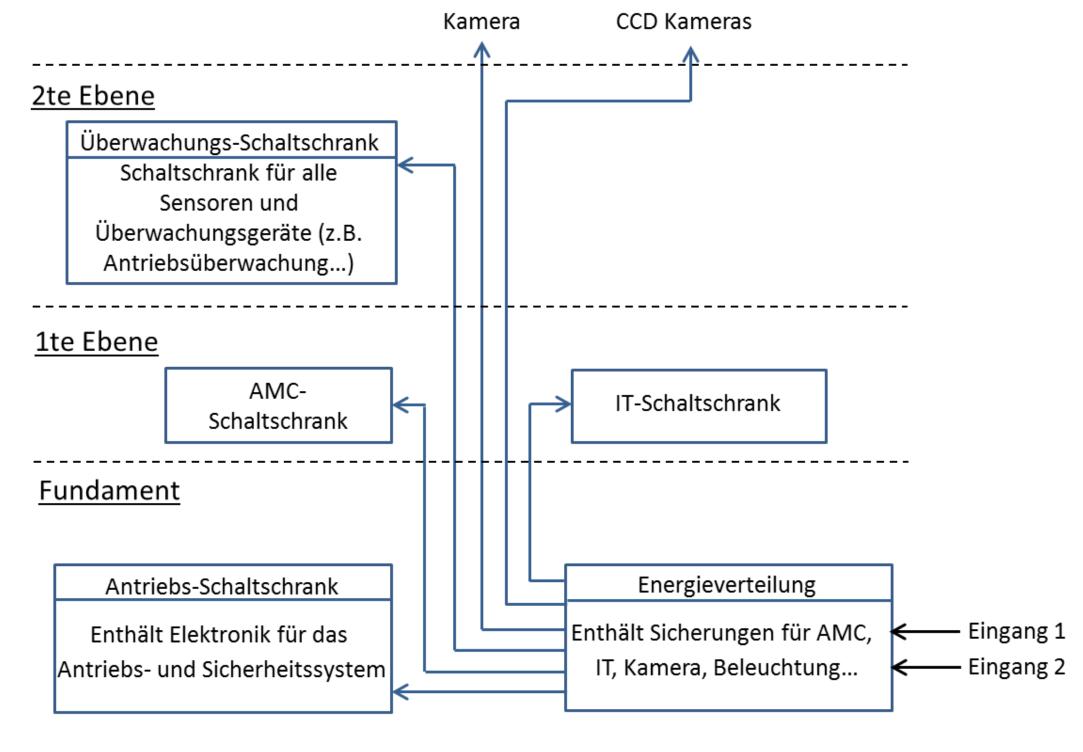


- → Jeder Spiegel hat 2 Schrittmotoren zur aktiven Spiegelverstellung
- → 2x 88 Spiegel = 176 Motoren
- → Bei 2x 80 A als Einspeisung macht das <1 A pro Motor



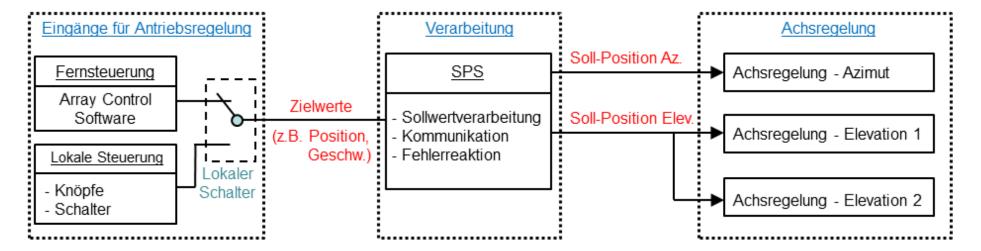
2. MST-Prototyp (9/9)

Übersicht der Energieverteilung und der Schaltschränke im Turm:



3. Antriebs-Regelungssystem 1/7

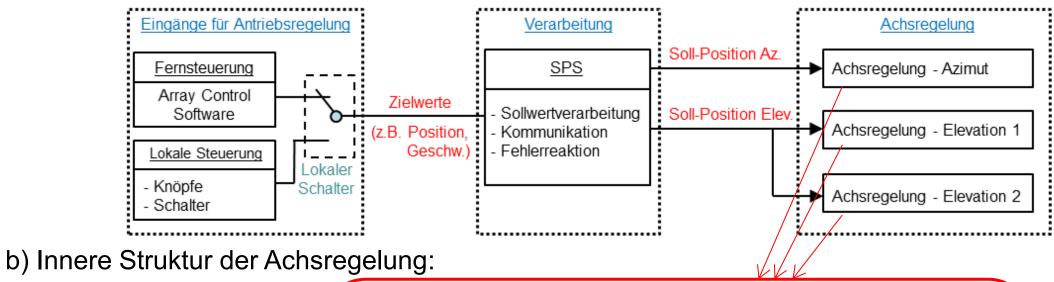
- a) Allgemeine Struktur:
 - → Ein solides Antriebskonzept wurde entwickelt welches alle möglichen Anwendungsfälle abdecken soll
 - → Struktur aller Achsregelungen ist identisch: jede enthält 2 Motoren mit Master/Slave-Kopplung

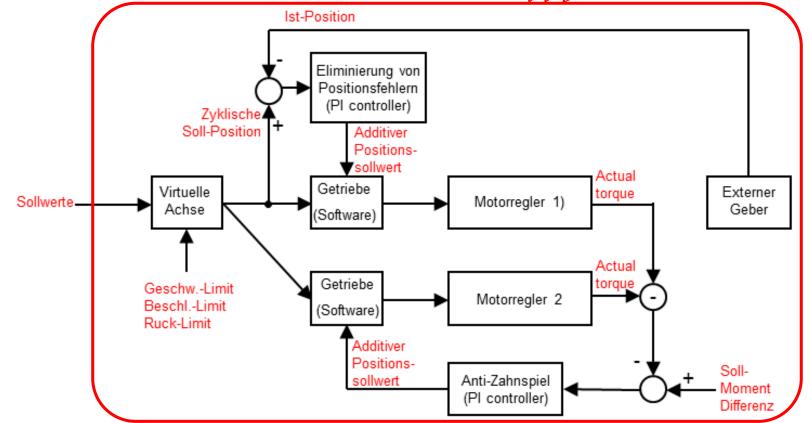




3. Antriebs-Regelungssystem 1/7

- a) Allgemeine Struktur:
 - → Ein solides Antriebskonzept wurde entwickelt welches alle möglichen Anwendungsfälle abdecken soll
 - → Struktur aller Achsregelungen ist identisch: jede enthält 2 Motoren mit Master/Slave-Kopplung

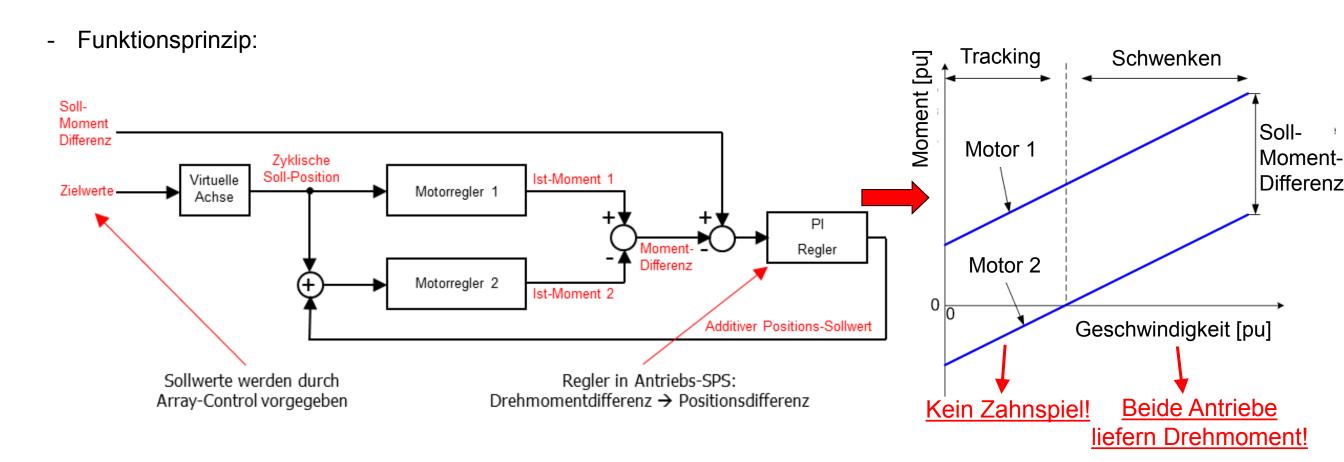






3. Antriebs-Regelungssystem 2/7

- c) Regler zur Eliminierung des Zahnspiels:
- Master-Slave Konfiguration:
 - der Master-Motor folgt 1:1 der Sollposition
 - der Slave-Motor eliminiert das Zahnspiel beim Beobachten + liefert Drehmoment beim schnellen Schwenken
- Interne Struktur des Motorregler folgt in Punkt d)

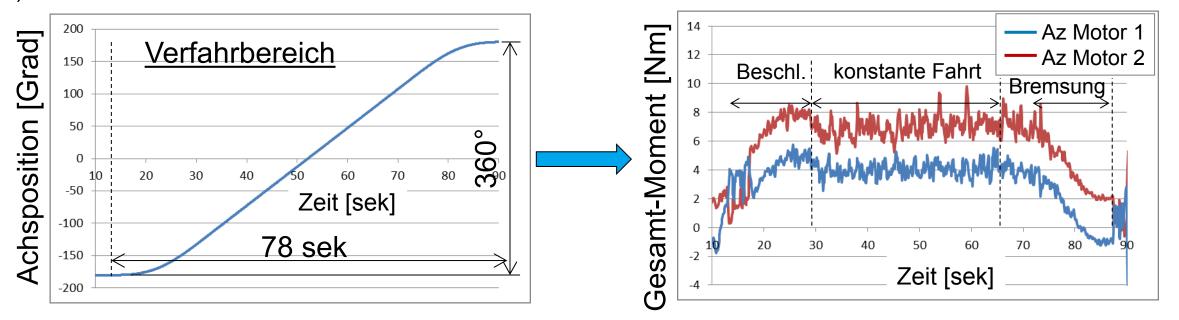




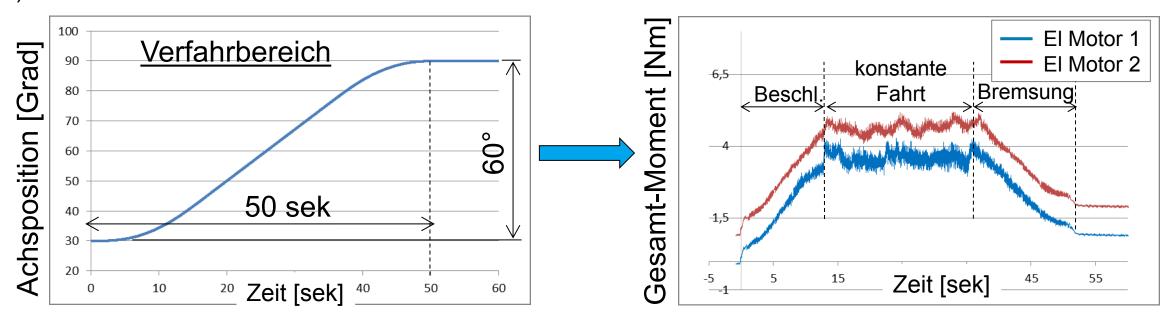
3. Antriebs-Regelungssystem 3/7

- Verhalten der Regelung beim schnellen Schwenken des Teleskops:

a) Azimutachse:



b) Elevationsachse:



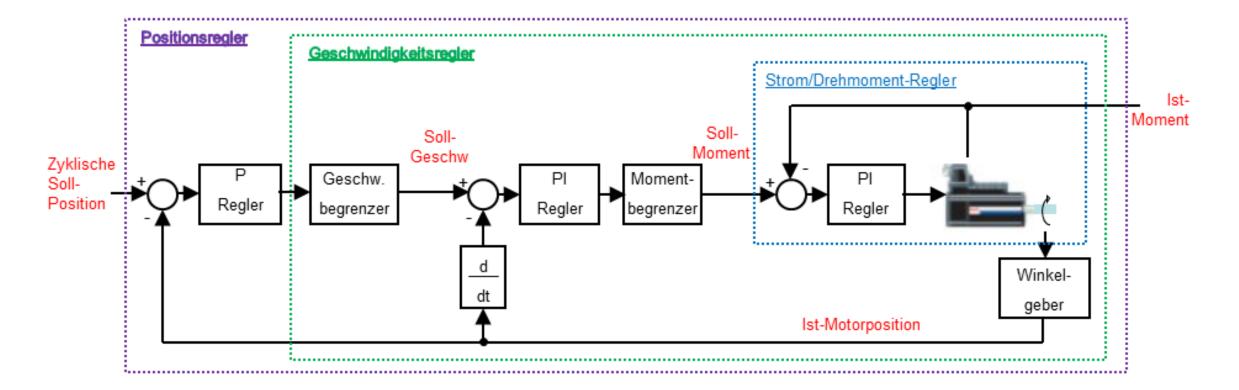
- Die Anforderung jeden Punkt >30° Elevationswinkel zu erreichen wird erfüllt
- Kleine Strukturschwingungen sind sichtbar erzeugen aber keine Probleme
- Motor 2 "folgt" Motor 1 → integrierte Master-Slave-Regler funktioniert



3. Antriebs-Regelungssystem 4/7

d) Motorregler:

- → In jedem Antriebssteuerteil standardmäßig integriert
- → Enthält einen modernen Kaskadenregler mit Positions- Geschwindigkeits- und Stromregler
 → erhöht die Regelgenauigkeit gegenüber direkt wirkenden Reglern

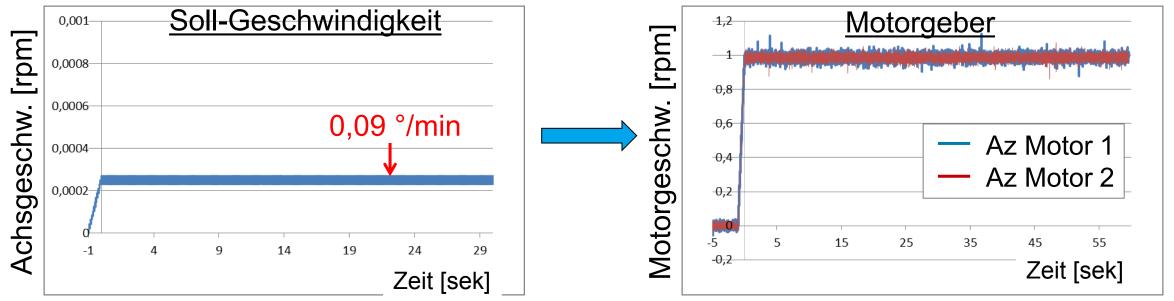




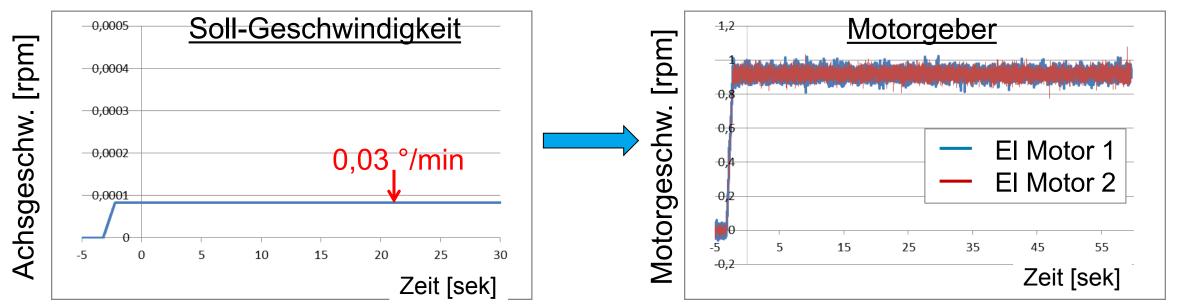
3. Antriebs-Regelungssystem 5/7

- Gleichlaufverhalten der Motoren bei typischen Tracking-Geschwindigkeiten:

a) Azimutachse:



b) Elevationsachse:



→ Die Motoren zeigen einen sehr guten Gleichlauf!



3. Antriebs-Regelungssystem 6/7

- e) Die geteilte Elevationsachse ('Gantry- bzw. Portal-Achse'):
- Problem: beide Elevationsseiten müssen koordiniert fahren, um Spannungen/Verwindungen zu vermeiden
- Technische Realisierung:

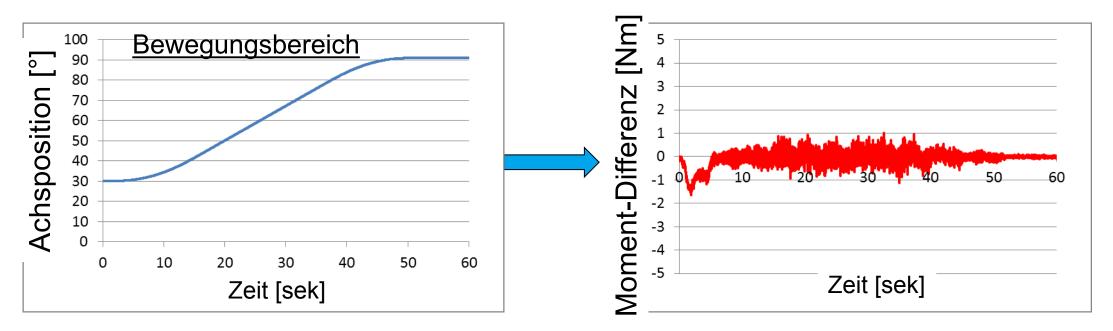


- Arbeitsschema der Regelung:
 - → Das jeweilige Gesamt-Drehmoment beider Elevationsseiten wird kontinuierlich gemessen und verglichen
 - → Ein Standard-PI-Regler nutzt die Drehmoment-Differenz als Eingang, um solange einen additiven Positions-Sollwert zu erzeugen, bis die Drehmoment-Differenz = 0

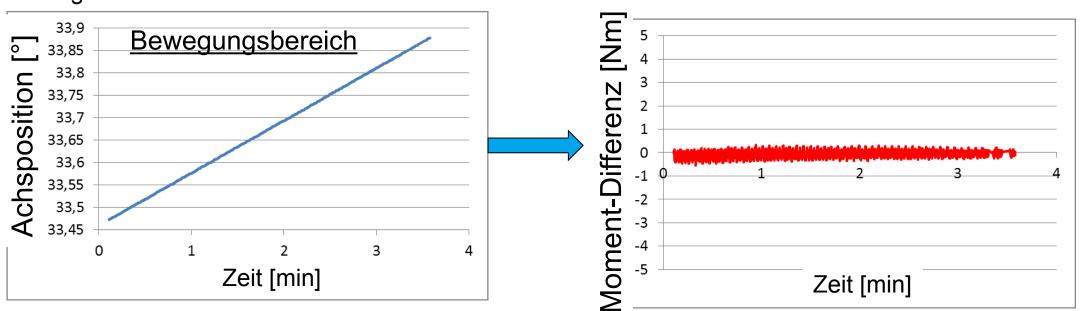


3. Antriebs-Regelungssystem 7/7

- Reales Verhalten der geteilten Elevationsachse:
- a) Schnelles Schwenken:



b) Tracking:



→ Der integrierte Regler funktioniert und verursacht keine Probleme!



4. Zusammenfassung

- Unsere Tests am Prototyp in Adlershof zeigen auf, dass die gewählten Antriebskomponenten die CTA-Anforderungen erfüllt:
 - ➤ Beide Großlager zeigen einen ruhigen Gleichlauf bei typischen Trackinggeschwindigkeiten ohne sichtbaren Ruck (getestete Zeit: >100 min)
 - > Die Motoren zeigen einen guten Gleichlauf ohne Überschwinger
 - ➤ Die MST-Anforderung zur Umpositionierung vom Teleskop wird erfüllt
 - ➤ Kleine Strukturschwingungen sind sichtbar auf beide Teleskopachsen, aber:
 - → der Effekt auf die Positionsgenauigkeit ist sehr klein
 - → er kann entfernt werden durch Nutzung einer aktiven Schwingungsdämpfung
- Die Prototypphase war wichtig für die Entwicklung des Antriebssystems:
 - Die Praxis offenbarte Punkte an die man in der Theorie bzw. in der Designphase nicht dachte
 - Viele Fortschritte konnten bei der Identifizierung und Lösung von möglichen Problemen gemacht werden



Vielen Dank!

