



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verkürzung der An- und Abfahrzeiten Dampfturbine

Fatih Temiz

Siemens AG, Mülheim an der Ruhr

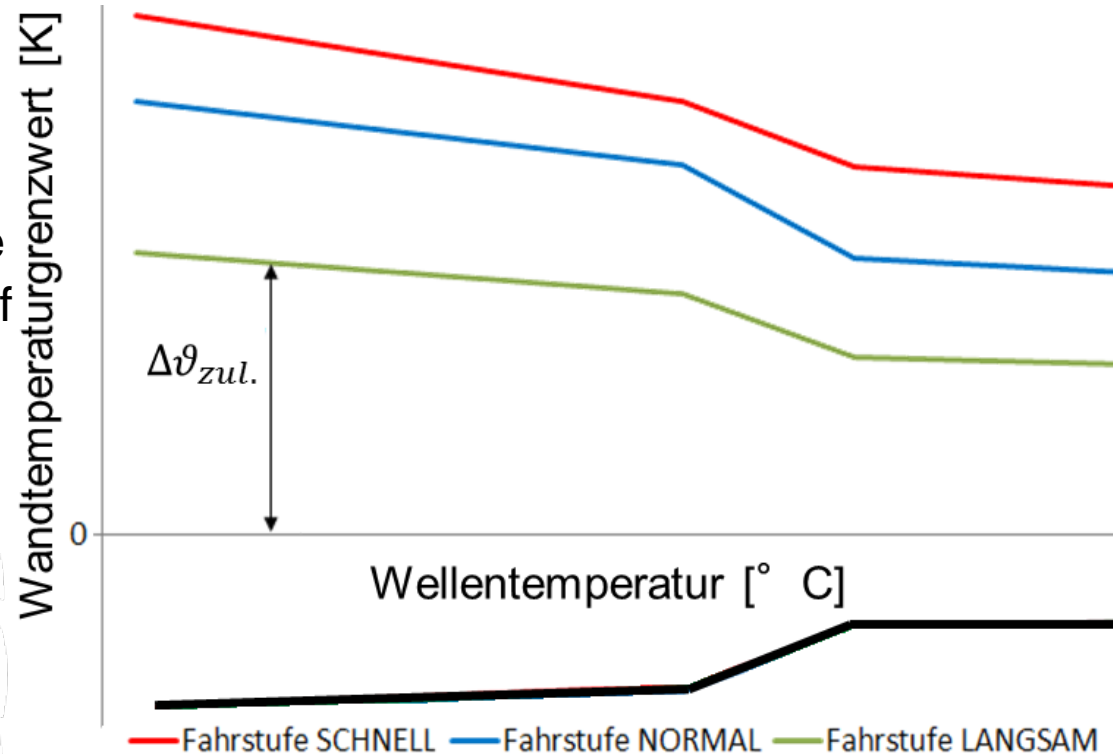
Flexible Kraftwerke für die Energiewende
25. Mai 2016, Düsseldorf

- Anfahrprozedur einer Dampfturbine stellt einen instationären Prozess dar
- Die Anfahrt führt zu einer thermischen Beanspruchung der dickwandigen Komponenten, wie Wellen oder Gehäuse
- Wesentlicher Einfluss der thermischen Beanspruchung auf Anfahrzeit und beeinflusst durch z.B.:
 - Mechanische Auslegung und Grenzwerte der Turbine
 - Anlagendesign
 - Betriebsweise und Prozess
 - Stillstandzeit/Ausgangstemperaturen
- Quantifizierung durch „Äquivalenten Betriebsstunden“ (EOH)
- Bestimmung der Revisionsintervalle durch EOH-Verbrauch
- Ziel ist die Verkürzung der Anfahrzeiten ohne signifikant höheren EOH-Verbrauch

Wandtemperaturgrenzwerte (WT-Grenzen)

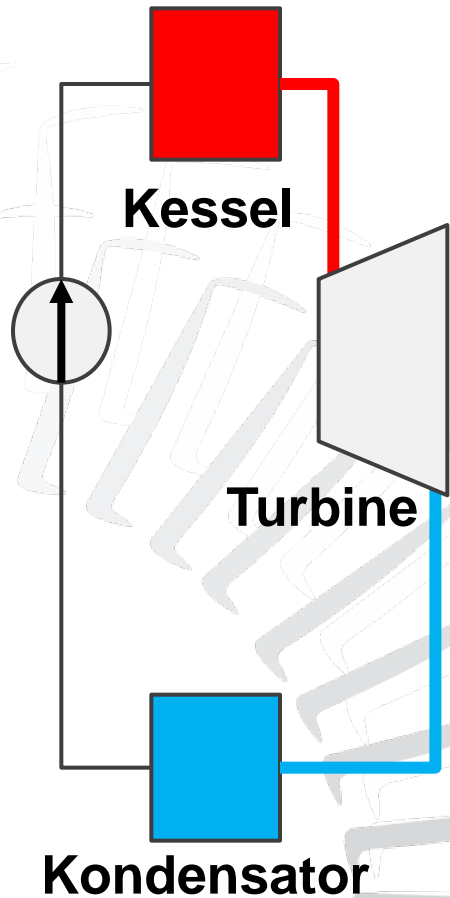


- Temperaturdifferenzen in dickwandigen Bauteilen zur Überwachung der thermische Beanspruchung
- Wandtemperaturgrenzwerte als Maximalwerte für einen definierten EOH-Verbrauch
- Festlegung der Maximalwerte durch Fahrstufenauswahl
- Flexible Auswahl der Fahrstufe durch Kunden und nach Bedarf
- Kundenspezifische Anpassung möglich

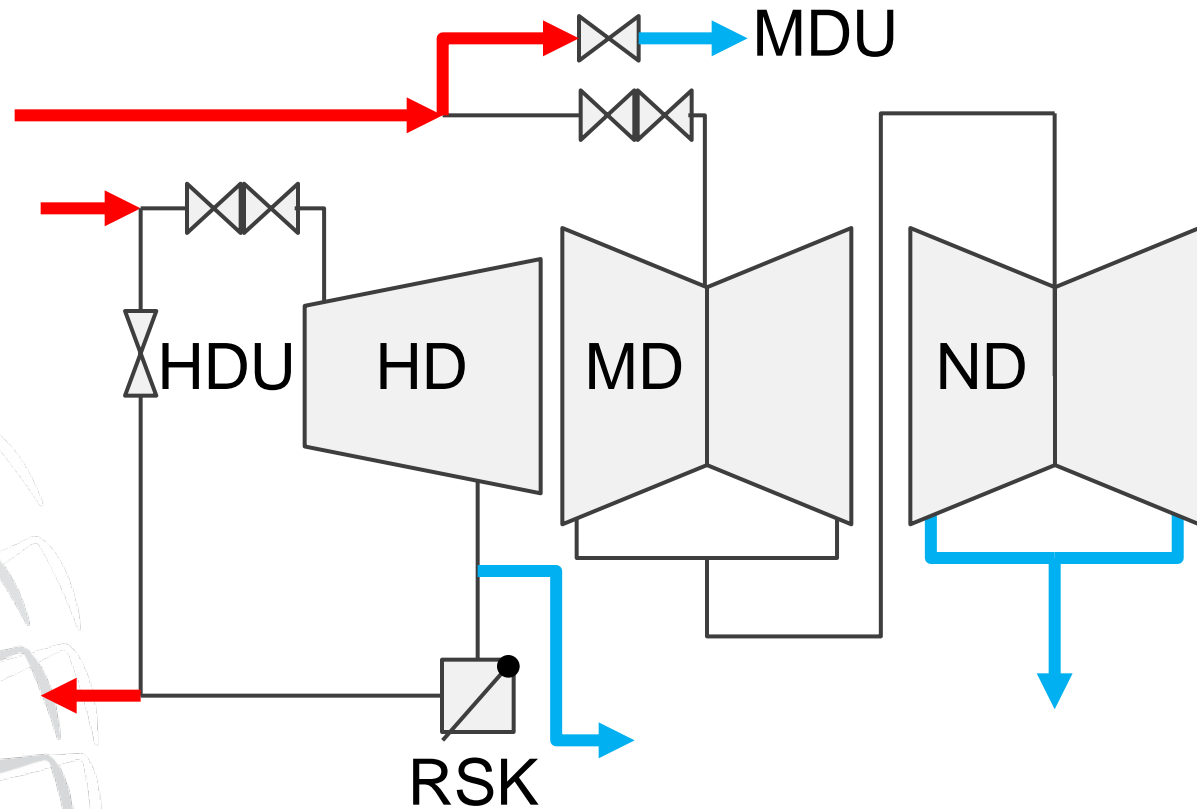


Dampfturbinensystem

Das einfachste Dampfturbinensystem



Flexibles Dampfturbinensystem (vereinfachte und beispielhafte Darstellung)



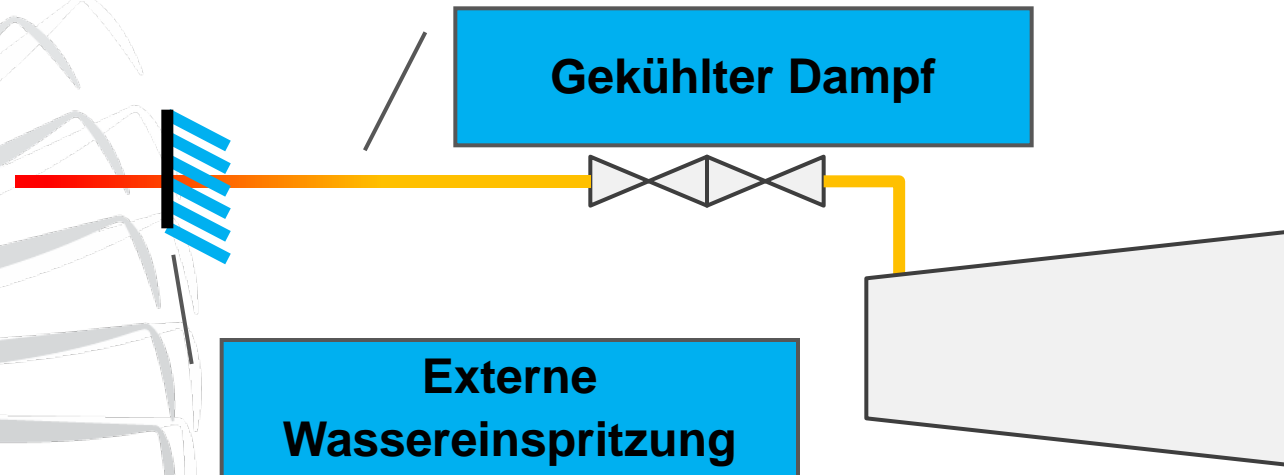
Lastoptimierte Anfahrt - Einleitung



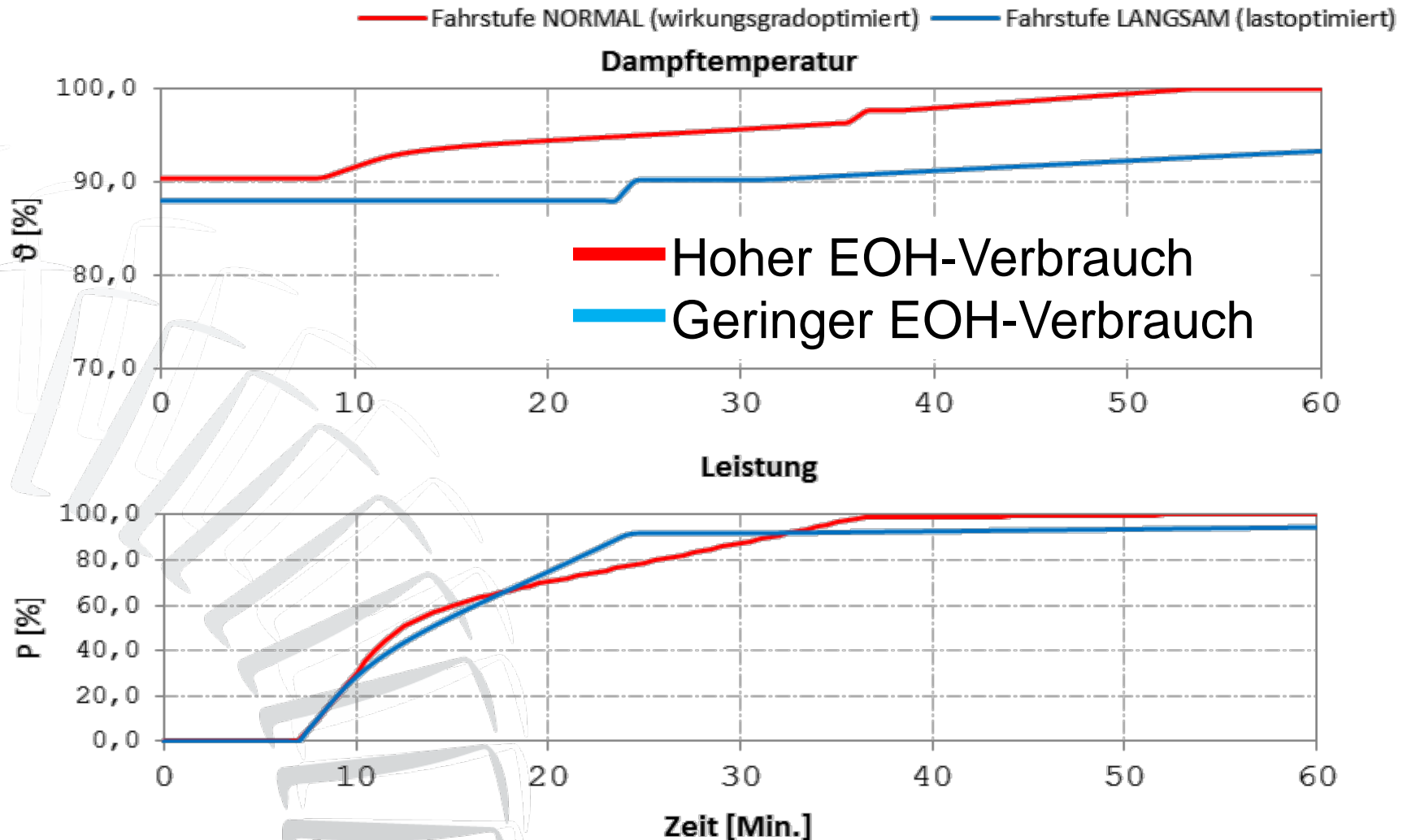
- Übliche Prozedur: Vollständige Ausnutzung der WT-Grenzen
- Schnelle Steigerung der Dampftemperaturen → Wirkungsgradoptimiert
- Laststeigerung abhängig von WT-Grenzen
- Lastoptimiertes Anfahren: Schnelle Lastaufnahme der Dampfturbine
- Block stellt Dampf in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung
- Entkopplung von Dampfmenge und Dampftemperatur
- Minimierung des Einflusses der thermischen Beanspruchung

Lastoptimierte Anfahrt - Durchführung

- Absenkung der Dampftemperaturen nach Kesselaustritt z.B. mittels externer Wassereinspritzung
- Alternativ: kesselinterne Wassereinspritzung
- Abgekühlter Dampf unmittelbar vor Turbine bei hohem Massenstrom
- Signifikant schnellere Lastaufnahme bei Kalt- und Warmstarts
- Bei Heißstarts zusätzlich geringer EOH-Verbrauch

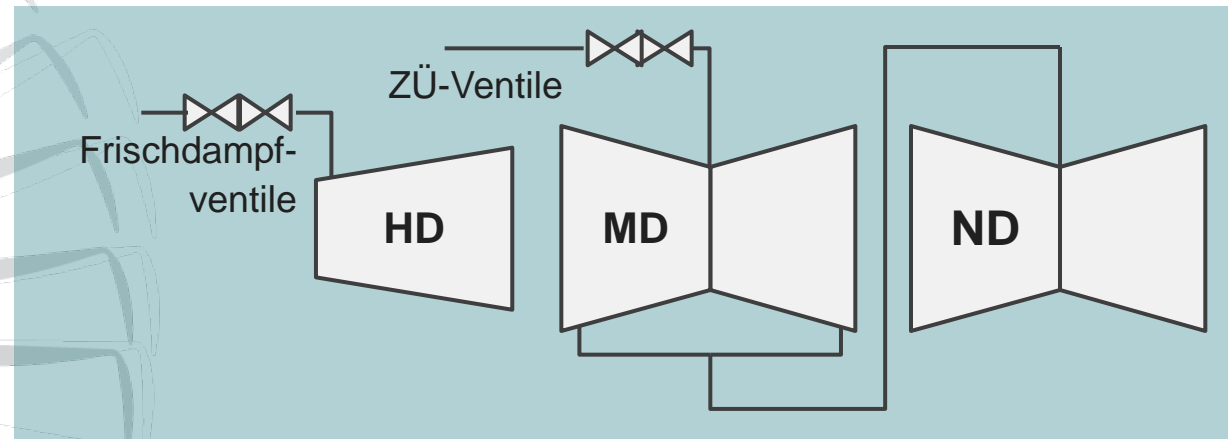


Lastoptimierte Anfahrt - Berechnung



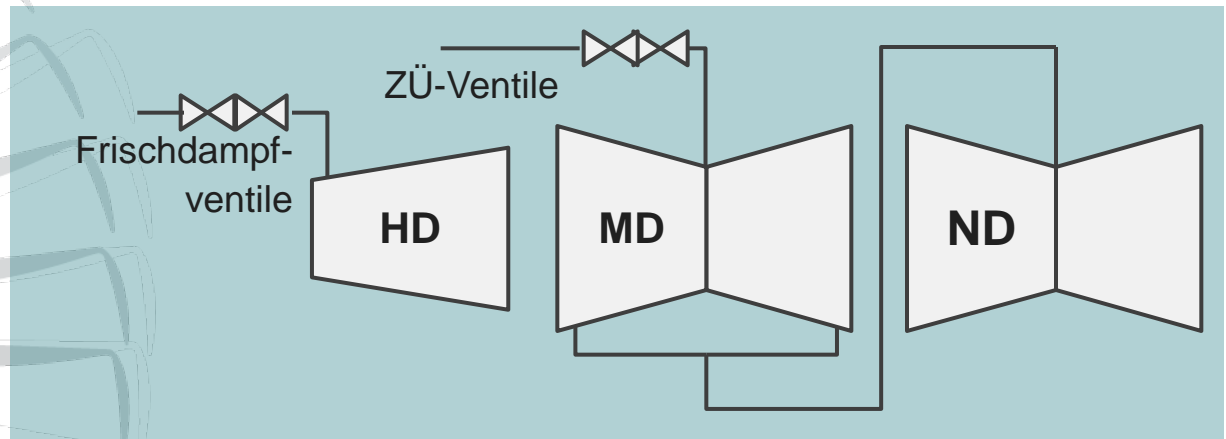
Heißer Schnellstart - Einleitung

- Erfüllung zahlreicher Anstoßkriterien vor Anstoßen der Dampfturbine, darunter:
 - Gewährleistung der Dampfreinheit
 - Dampftemperaturen innerhalb eines definierten Dampftemperaturbandes
- Verhindern von Nässe und unzulässiger Abkühlung in überwachten Komponenten durch Minimaltemperaturen
- Abfrage erfolgt für die Hochdruck- und Mitteldruckturbine separat



Heißer Schnellstart - Anstoßkriterien

- Ausgangslage: Unterschiedliche Ausgangstemperaturen zwischen Hochdruck- (HD) und Mitteldruckturbinen(MD) nach einem Stillstand
- Hochdruckturbine mit Topfgehäuse signifikant wärmer als Mitteldruckturbine
- Öffnung der Frischdampf- und ZÜ-Ventile bei ausreichender Überhitzung des Dampfes gegenüber den Turbinentemperaturen
- Rasche Erfüllung dieses Dampftemperaturkriteriums durch Mitteldruckturbine
- Umleitbetrieb bis Erreichen der notwendigen Frischdampftemperaturen für die Hochdruckturbine



Heißer Schnellstart - Durchführung

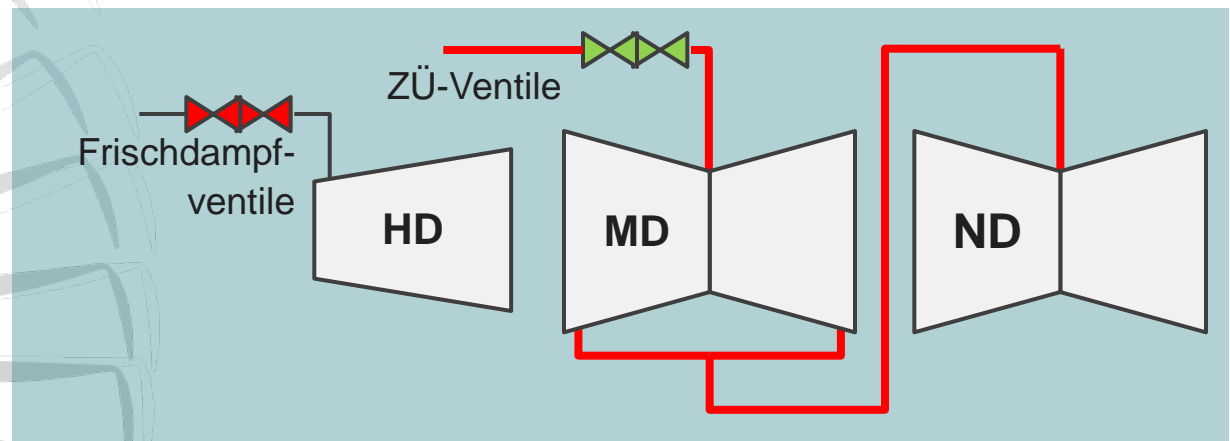


Option 1: Absenkung der HD-Anstoßkriterien

- Verkürzung des Umleitbetriebes um bis zu 30 Minuten
- Grundsätzlich für alle Turbinentypen anwendbar

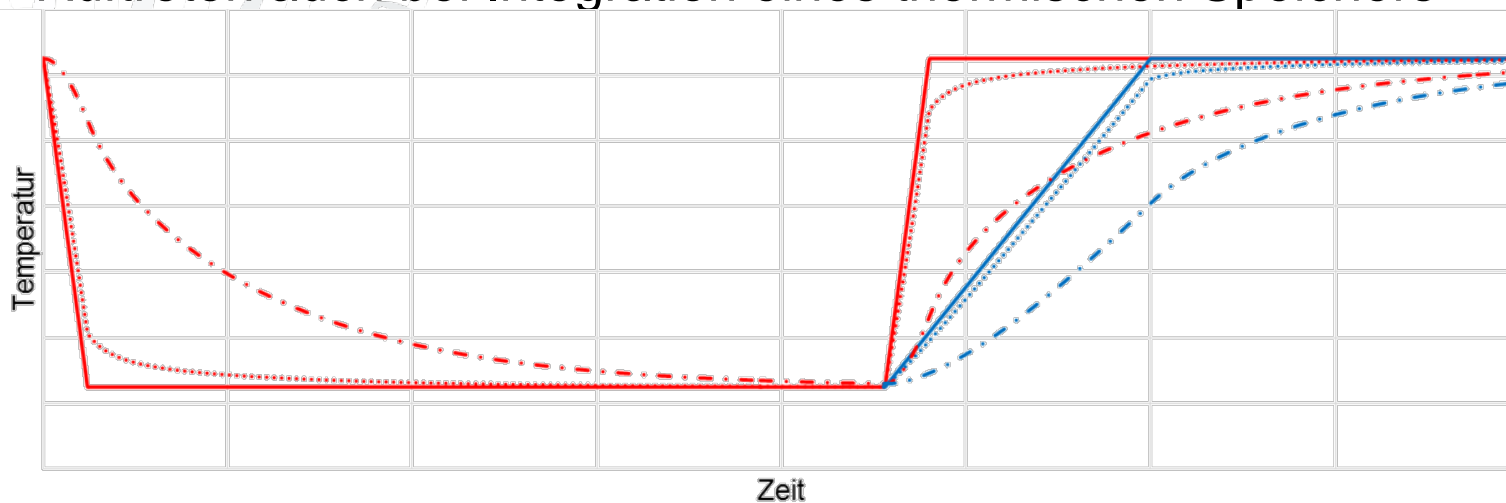
Option 2: Anstoßen über die MD-Turbine

- Anfahren mit evakuiertes HD-Turbine
- Die HD-Turbine wird zugeschaltet, sobald ihre Kriterien erfüllt sind
- Verkürzung der Umleitbetriebes um bis zu 90 Minuten



Thermische Lastwechsel

- Weiteres Glied des Turbinenbetriebs neben An- und Abfahrt
- Möglichkeit zur Reaktion auf schwankende Lastanforderungen
- Entfall einer Turbinenabfahrt und anschließender Anfahrt
- Auftreten auch bei Integration eines thermischen Speichers



— Dampf

..... Oberfläche

- - - Mittelfaser

— Dampf (abgesenkt)

..... Oberfläche (mit abgesenkter Dampftemperatur)

- - - Mittelfaser (mit abgesenkter Dampftemperatur)

Thermische Lastwechsel

- Lastwechsel bis zu kesselspezifischen Lastpunkten ohne Dampftemperaturänderungen möglich
- Dampftemperaturänderungen bei weiterer Lastabsenkung auf z.B. tiefere Teillasten
- Zu erwartender EOH-Verbrauch:
Keiner bis weniger als ein Anfahrvorgang auf der Fahrstufe LANGSAM
- Weitere Optimierung durch Hochdruck-Teilschnellschluss oder Einsatz externer Wassereinspritzungen
- Tiefere Teillasten mit geringem EOH-Verbrauch bereits heute möglich

- Dampfturbinen in Dampfkraftwerken können bereits heute flexibler eingesetzt werden
 - Beschleunigte Lastaufnahme der Dampfturbine durch die lastoptimierte Fahrweise
 - Verkürzung des Umleitbetriebes durch frühzeitiges Anstoßen der Dampfturbine mit dem heißen Schnellstart
 - Erfüllung diverser Lastanforderungen durch Lastwechselfähigkeit mit geringem EOH-Verbrauch
- Weitere Flexibilisierung, wie z.B. durch Integration eines thermischen Speichers

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

SIEMENS



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:

Fatih Temiz

Siemens AG

Rheinstr. 100 | 45478 Mülheim an der Ruhr, Germany

Tel. +49 208/456-5441 | E-Mail: fatih.temiz@siemens.com