

VGB-Standard Anlage zur Schriftenreihe VGB-S-002

Ausgabe 2016

VGB-S-002-33-2016-08-DE



VGB-Standard

Anlage zur Schriftenreihe VGB-S-002

VGB-S-002-33-2016-08-DE

Herausgeber:

VGB PowerTech e.V.

Verlag:

VGB PowerTech Service GmbH

Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften

Deilbachtal 173, 45257 Essen

Tel.: +49 201 8128-200

Fax: +49 201 8128-329

E-Mail: mark@vgb.org

ISBN 978-3-86875-942-6 (eBook)



Jegliche Wiedergabe ist nur mit vorheriger Genehmigung
des VGB PowerTech gestattet.

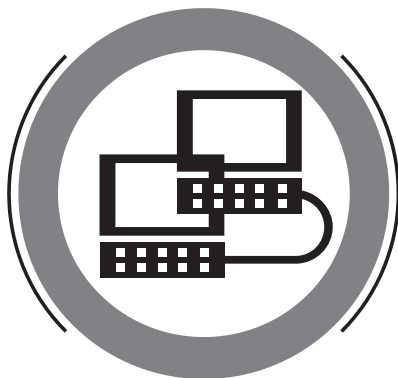
www.vgb.org

Public License Document

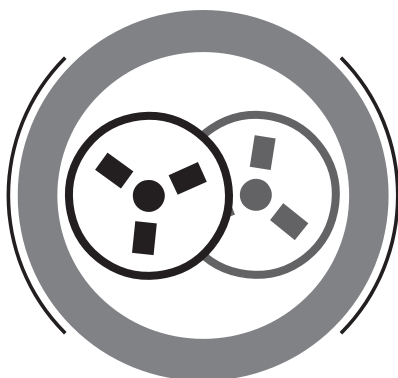
Public License Document
Freie Lizenz



Network access allowed
Einstellen in Netzwerke erlaubt



Copying and distribution allowed
Kopie und Weitergabe erlaubt



All other rights reserved.
Alle weiteren Rechte vorbehalten.

Urheberrechtsvermerk

VGB-Standards, hier im Weiteren als „Werk“ bezeichnet, und sämtliche im Werk enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Es liegt in der alleinigen Zuständigkeit von VGB PowerTech, die Nutzungsrechte wahrzunehmen.

Der Begriff „Werk“ umfasst die vorliegende Publikation sowohl in gedruckter als auch in digitaler Form. Der Urheberrechtsschutz umfasst dieses Werk als Ganzes als auch Teile bzw. Ausschnitte.

Jede Nutzung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des VGB PowerTech unzulässig. Dies gilt für jede Form von Vervielfältigung, Übersetzung, Digitalisierung sowie Veränderung.

Haftungsausschluss

VGB-Standards sind Empfehlungen, deren Anwendung freigestellt ist. Sie berücksichtigen den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden bekannten Stand der Technik. Sie erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.

Die Anwendung erfolgt auf eigene Verantwortung und auf eigene Gefahr. VGB PowerTech e.V. schließt insoweit jegliche Haftung aus.

Hinweis zur Behandlung von Änderungsvorschlägen

*Änderungsvorschläge können an die E-Mail-Adresse **vgb.standard@vgb.org** gesendet werden. Zur eindeutigen Zuordnung des Inhalts sollte die Betreffzeile die Kurzbezeichnung des betreffenden Dokuments enthalten.*

Änderungsverzeichnis

VGB-Standard	Änderungsdatum	Kapitel	Beschreibung
VGB-S-002- Anlagenheft	Oktober 2015		Original

Vorwort

Die Aufnahme neuer Definitionen und die Entwicklung aktuell benötigter Kennzahlen in den VGB-Fachgremien basieren von je her auf ausführlichen Diskussionen zwischen den Fachvertretern der Mitgliedsunternehmen und der Veranschaulichung der diskutierten Sachverhalte durch Diagramme und Beispiele. Diese sind bisher bei der Veröffentlichung der final abgestimmten Definitionen und Kennzahlen mehr oder weniger „in der Schublade verschwunden“ und wurden nicht mit veröffentlicht. Nach der Veröffentlichung kommt es allerdings häufig dennoch zu Fragen zur praktischen Anwendung.

Mit dem vorliegenden Anlagenheft möchten die Autoren dem Leser des VGB-Standards „Technische und kommerzielle Kennzahlen für Kraftwerksanlagen“ VGB-S-002-03-DE daher erstmals diese Beispiele sowie weitergehende Erläuterungen zur praktischen Anwendung an die Hand geben. Es handelt sich um eine Sammlung von Beispielen und Erläuterungen aus der oben genannten Definitions- und Entwicklungsphase, aus der täglichen Praxis im Umgang mit Betriebsdaten von Energieumwandlungsanlagen sowie zur Datenpflege und -Auswertung im VGB-Kraftwerksinformationssystem KISSY.

Das Anlagenheft ist ein offenes Dokument. Das heißt, dass es zukünftig sowohl an aktuelle Entwicklungen und Bedarfe angepasst als auch mit weiteren Beispielen und Erläuterungen ergänzt werden wird. Die Veröffentlichung erfolgt stets als frei verfügbares elektronisches Dokument im PDF-Format im Downloadbereich des VGB PowerTech e.V.: <https://www.vgb.org/betriebskennwerte.html>.

Kritik, Anregungen und Vorschläge zur Weiterentwicklung nimmt der Referent des VGB Gremiums „Performance Indicators“ (kissy@vgb.org) gern entgegen.

Inhalt

Eingabe- bzw. Ausgabeformulare	7
Datenblatt der Monatsverfügbarkeit.....	7
Datenblatt der Jahresverfügbarkeit für Wärmekraftwerke	8
Datenblatt der Jahresverfügbarkeit für Wasserkraftwerke	11
Erfassungsbeispiele „Einzelereignisse von Wärmekraftwerken“	14
Erfassungsbeispiele „Einzelereignisse von Kernkraftwerken“	15
Erfassungsbeispiele „Einzelereignis und zeitlich überlappende Ereignisse“	16
Relevante EMS-Kodierung zur Meldung an VGB	17
Kennwerte und Definitionen	18
Marktbewertete Versorgungszuverlässigkeit	18
Zeitverfügbarkeit in Peak-Zeiten	19
Peak-Zeiten T_{NPe}	20
Arbeitsverfügbarkeit in Peak Zeiten	21
Lastverteilerausfallrate	22
Lastverteilerverlässlichkeit.....	23
Arbeitsverlässlichkeit	24
Zeitverlässlichkeit	25
Fahrplantreue	26
Fahrplanleistung	27
Fahrplanabweichung	28
KWK-Kennwert	29
CO ₂ -Kennwert	30
Marktbewertete Verfügbarkeit.....	31
Marktbewertete Verfügbarkeit – Gegenüberstellung	32
Verfügbarkeit von GuD-Kraftwerken.....	33
Verfügbarkeit von Kombi-Kraftwerken	35
Verfügbarkeit von Kraftwerken mit VGT (Vorschalt-Gasturbine)	37
Berechnungsmethoden.....	38
Berechnung des Kennwertes „Arbeitsverfügbarkeit“	38
Berechnung des Kennwertes „Zeitverfügbarkeit“	49
Beispielauswertungen.....	60

Eingabe- bzw. Ausgabeformulare

Datenblatt der Monatsverfügbarkeit

Elektronische Vorlage: https://www.vgb.org/kissy_templates.html

Datenblatt zur Meldung an VGB Stand 10/2012		Monatliche Betriebs- und Verfügbarkeitsdaten der Kernkraftwerke		Jahr: 2015
				Monat: 02
Kernkraftwerk: KKW Essen Nennleistung brutto [MW]: (*) 1.430 netto [MW]: (*) 1.360 Nennzeit [h] (*) 696 Nennarbeit [MWh] (*) 946.560				**) Datenbasis: b = Bruttowerte n = Nettowerte x
Betriebsdaten		Dimension	Monat	Jahr
Betriebsarbeit	brutto (*)	MWh	968.969,40	2.001.211,80
	netto (*)	MWh	916.696,40	1.895.621,70
	davon Bahnstrom / Dampfabgabe	MWh	0,00	0,00
Arbeitsausnutzung		%	96,85	96,79
Nichtverfügbare Arbeit (***)		MWh	172,00	451,00
geplant (Soll)		MWh		
geplant (Ist) (*)		MWh	172,00	451,00
Verlängerungen geplanter Nichtverfügbarkeiten (1)		MWh		
ungeplant (gesamt)		MWh	0,00	0,00
disponibel (*)		MWh	0,00	0,00
nicht disponibel (*)		MWh	0,00	0,00
verfügbare nicht erzeugbare Arbeit (Außeneinfluss) (2)		MWh	0,00	0,00
Arbeitsverfügbarkeit		%	99,98	99,98
Lastverteiler ausfallrate	ungeplant (gesamt)	%	0,00	0,00
	nicht disponibel	%	0,00	0,00
Arbeitsausfallrate	ungeplant (gesamt)	%	0,00	0,00
	nicht disponibel	%	0,00	0,00
Lastverteiler verlässlichkeit	ungeplant (gesamt)	%	100,00	100,00
	nicht disponibel	%	100,00	100,00
Arbeitsverlässlichkeit	ungeplant (gesamt)	%	100,00	100,00
	nicht disponibel	%	100,00	100,00
Betriebszeit (Generator am Netz) (*)		h	696,00	1.440,00
Zeitausnutzung		%	100,00	100,00
Nichtverfügbarkeitszeit (***)		h	0,00	0,00
geplant (*)		h	0,00	0,00
ungeplant (*)		h	0,00	0,00
Zeitverfügbarkeit		%	100,00	100,00
Thermische Erzeugung		MWh _{th}	2.635.919,00	5.442.852,00
elektrische Höchstlast		MW	1.370,00	1.378,00

(***) Klassifizierung der Nichtverfügbarkeit (NV)

- | | |
|------------------|---|
| geplante NV | Beginn und Dauer der NV müssen mehr als vier Wochen vor Eintritt festgelegt werden. |
| ungeplante NV | Der Beginn der NV ist nicht oder bis vier Wochen verschiebbar. |
| disponibel | Der Beginn der NV ist mehr als zwölf Stunden bis vier Wochen verschiebbar. |
| nicht disponibel | Der Beginn der NV ist nicht oder bis zwölf Stunden verschiebbar. |

(1) Jede Überschreitung des Solltermins einer geplanten Nichtverfügbarkeit, auch ungeplante Verlängerungen

(2) wird nur berechnet wenn Nichtverfügbarkeitsereignisse gemeldet wurden

Bemerkungscode:	
Brennelementwechsel:	stretch-out-Betrieb:
Revision:	stretch-in-Betrieb:
größere Reparaturen / Umbauten / Änderungen:	Dampfabgabe:
Bahnstrom:	neue Nennleistung:

Wesentliches aus dem Betrieb

(u.a. stretch-out-/stretch-in-Betrieb, BE-Wechsel, behördliche Auflagen, Lastfolgebetrieb, größere Umbauten / Änderungen, herausragende Betriebsereignisse)

Erstellt: 20.04.2016 11:13

Geprüft:

(*) Pflichteingabefelder

berechnete Felder

Datenblatt der Jahresverfügbarkeit für Wärmekraftwerke

Elektronische Vorlage: https://www.vgb.org/kissy_templates.html

Datenblatt zur Meldung an VGB				Verfügbarkeit											VGB Stand 10/2012	
Unternehmen: VGB PowerTech e.V.				Kraftwerk: PowerTech							Zeitraum: 2015					
für fossil befeuerte Blockanlagen und Gasturbinen																
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13	14	
Block-/ Anlagen- Nr.		Nenn- leistung	Nennzeit	Arbeitsausnutzung, Arbeitsverfügbarkeit											verfügbare nicht erzeug- bare Arbeit (Außenein- fluss) (2)	
				Nennarbeit	Betriebs- arbeit (Erzeugung)	Arbeits- ausnutzung	Nichtverfügbare Arbeit (***)					Arbeits- verfügbarkeit				
							geplant		ungeplant		ungeplant					
							Soll	Ist	disponibel	nicht disponibel	disponibel	gesamt (Spalte 8+9+10)	Verläng- erungen geplanter Nichtver- fügbarkeiten (1)			
		(*) MW	(*) h	(*) GWh	(*) GWh	%	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	%	
(**)		P _N	t _N	W _N = P _N * t _N	W _B	n _W = $\frac{W_B}{W_N}$	W _{nv p}	W _{nv p}	W _{nv ud}	W _{nv un}	W _{nv u}	W _{nv}		k _W = $\frac{W_N - W_{nv}}{W_N}$	W _{ns}	
n		A	1,000	4,380	4,380.0	1,752.0	40.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	100.0	

(***) Klassifizierung der Nichtverfügbarkeit (NV)

- geplante NV Beginn und Dauer der NV müssen mehr als vier Wochen vor Eintritt festgelegt werden.
- ungeplante NV Der Beginn der NV ist nicht oder bis vier Wochen verschiebbar.
- disponibel Der Beginn der NV ist mehr als zwölf Stunden bis vier Wochen verschiebbar.
- nicht disponibel Der Beginn der NV ist nicht oder bis zwölf Stunden verschiebbar.

(**) Datenbasis:

b = Bruttowerte
n = Nettowerte

- (1) Jede Überschreitung des Solltermins einer geplanten Nichtverfügbarkeit, auch ungeplante Verlängerungen
- (2) wird nur berechnet wenn Nichtverfügbarkeitsereignisse gemeldet wurden

(*) Pflichteingabefelder
berechnete Felder

Datenblatt zur Meldung an VGB				Verfügbarkeit													VGB 10/2012	
Unternehmen: VGB PowerTech e.V.				Kraftwerk: PowerTech										Zeitraum: 2013				
für fossil befeuerte Blockanlagen und Gasturbinen										für Kraftwerk/Gasturbinen								
1	16	17	18	19	20	21	22					23	nur für Gasturbinen					
Block-/ Anlagen- Nr.	Zeitausnutzung, Zeitverfügbarkeit						Im Berichtszeitraum gefährdeter Brennstoff					Startzuverlässigkeit						
	Betriebs- zeit	Zeit-aus- nutzung	Nichtverfügbarkeitszeit(***)		Zeit- verfügbar- keit	Anzahl der Anfahrten						Anzahl Starts		Startzu- verlässig- keit	Anzahl ungeplanter automatischer Lastabwürfe	Ungeplanter automatischer Lastabwurf		
			geplant	ungeplant								gesamt	erfolgreich				nicht erfolgreich	
	(*)			(*)	(*)	(*)		(*)										
	h	%	h	h	h	%	%								%			
	t _B	n _t = $\frac{t_B}{t_N}$	t _{nv p}	t _{nv u}	t _{nv} =t _{nv,p} + t _{nv,u}	k _t = $\frac{t_N - t_{nv}}{t_N}$	Steinkohle	Braunkohle	Öl	Gas	Ersatz- brennstoff	a	s _e	s _n	z = $-\frac{s_e}{s_e + s_n}$	P0	= $\frac{P0 \cdot 7000}{t_B}$	
A	4,380	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10	0	0	0.0	0	0.0	

(***) Klassifizierung der Nichtverfügbarkeit (NV)

geplante NV Beginn und Dauer der NV müssen mehr als vier Wochen vor Eintritt festgelegt werden.

ungeplante NV Der Beginn der NV ist nicht oder bis vier Wochen verschiebbar.

disponibel Der Beginn der NV ist mehr als zwölf Stunden bis vier Wochen verschiebbar.

nicht disponibel Der Beginn der NV ist nicht oder bis zwölf Stunden verschiebbar.

Hinweis zu "Für Kraftwerk/Gasturbinen" (Spalte 25 bis 27): Eintragung nur, wenn sowohl die "erfolgreichen" als auch die "nicht erfolgreichen" Starts erfasst sind.

(*) Pflichteingabefelder
berechnete Felder

Datenblatt zur Meldung an VGB				Verfügbarkeit					VGB Stand 10/2012
Unternehmen: VGB PowerTech e.V.				Kraftwerk: PowerTech				Zeitraum: 2015	
für fossil befeuerte Blockanlagen und Gasturbinen									
1	27	28	29	30	31	32	33	34	26
Block-/ Anlagen- Nr.	Ausfallrate				Verlässlichkeit				Bemerkung
	Lastverteilerausfallrate		Arbeitsausfallrate		Lastverteilerverlässlichkeit		Arbeitsverlässlichkeit		
	ungeplant gesamt	ungeplant nicht disponibel	ungeplant gesamt	ungeplant nicht disponibel	ungeplant gesamt	ungeplant nicht disponibel	ungeplant gesamt	ungeplant nicht disponibel	
	%	%	%	%	%	%	%	%	
	$p_{lu} = \frac{W_{nv\ u}}{W_B + W_{nv\ u} + W_{rs}}$	$p_{lun} = \frac{W_{nv\ un}}{W_B + W_{nv\ un} + W_{rs}}$	$p_{wu} = \frac{W_{nv\ u}}{W_B + W_{nv\ u}}$	$p_{wun} = \frac{W_{nv\ un}}{W_B + W_{nv\ un}}$	$p_{vu} = \frac{W_B}{W_B + W_{nv\ u} + W_{rs}}$	$p_{vun} = \frac{W_B}{W_B + W_{nv\ un} + W_{rs}}$	$w_{vu} = \frac{W_B}{W_B + W_{nv\ u}}$	$w_{vun} = \frac{W_B}{W_B + W_{nv\ un}}$	
A	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

(*) Pflichteingabefelder
berechnete Felder

Datenblatt der Jahresverfügbarkeit für Wasserkraftwerke

Elektronische Vorlage: https://www.vgb.org/kissy_templates.html

Datenblatt zur Meldung an VGB					Verfügbarkeit										VGB Stand 07/2012	
Unternehmen: VGB PowerTech e.V.					Kraftwerk: Essen					Zeitraum: 2015						
für Wasserkraftanlagen																
1		2		3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Maschinen- satz Nr.		Nennleistung		Nennzeit	Betriebszeit, Betriebsartenwechsel											
		Turbine	Pumpe		Betriebszeit					Anzahl Betriebsartenwechsel					Anzahl ungeplanter automati- scher Lastabwürfe	
					Turbine	Pumpe	Phasen- schieber	hydraul. Kurzschluss	gesamt	Turbine	Pumpe	Phasen- schieber	hydraul. Kurzschluss	gesamt		
		(*) MW	MW	(*) h	(*) h	h	h	h	h	h						
(**)		P _{N Tu}	P _{N Pu}	t _N	t _{B Tu}	t _{B Pu}	t _{B Ph}	t _{B hy}	t _B	a _{Tu}	a _{Pu}	a _{Ph}	a _{hy}	a	P ₀	
n	A	265	290	8,760	2,494.0	2,610.0	38.0	0.0	5142.0	711	396	156	0	1,263	0	
n	B	265	290	8,760	1,966.0	1,697.0	92.0	0.0	3755.0	895	368	484	0	1,747	0	
n	C	265	290	8,760	1,836.0	1,481.0	82.0	0.0	3399.0	816	319	402	0	1,537	0	
n	D	265	290	8,760	2,194.0	3,991.0	30.0	0.0	6215.0	463	353	172	0	988	0	

**) Datenbasis:

b = Bruttowerte
n = Nettowerte

(*) Pflichteingabefelder
berechnete Felder

Datenblatt zur Meldung an VGB					Verfügbarkeit											VGB Stand 07/2012	
Unternehmen: VGB PowerTech e.V.					Kraftwerk: Essen							Zeitraum: 2015					
für Wasserkraftanlagen																	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Maschinen- satz Nr.	Zeitausnutzung, Zeitverfügbarkeit																
	Zeitausnutzung			Nichtverfügbarkeitszeit (***)										verfügbare nicht erzeugbare Stunden - Außeneinfluss	Zeitverfügbarkeit		
	Turbine	Pumpe	gesamt	Turbine/Generator					Pumpe						Turbine	Pumpe	gesamt
				geplant	ungeplant	ungeplant disponibel	ungeplant nicht disponibel	gesamt	geplant	ungeplant	ungeplant disponibel	ungeplant nicht disponibel	gesamt				
		%	%	%	(*) h	h	(*) h	(*) h	h	h	h	h	h	h	h	%	%
				$t_{nv \ p \ Tu}$	$t_{nv \ u \ Tu}$	$t_{nv \ ud \ Tu}$	$t_{nv \ un \ Tu}$	$Tu=t_{nv \ p \ Tu} + t_{nv \ u \ Tu}$	$t_{nv \ p \ Pu}$	$t_{nv \ u \ Pu}$	$t_{nv \ ud \ Pu}$	$t_{nv \ un \ Pu}$	$Pu=t_{nv \ p \ Pu} + t_{nv \ u \ Pu}$	W_{nsh}			
A	28.5	29.8	58.7	744.0	13.0	7.0	6.0	757.0	745.0	34.0	12.0	22.0	779.0	1.0	91.4	91.1	91.2
B	22.4	19.4	42.9	743.0	26.0	8.0	18.0	769.0	743.0	26.0	8.0	18.0	769.0	0.0	91.2	91.2	91.2
C	21.0	16.9	38.8	1,194.0	1.0	0.0	1.0	1,195.0	1,192.0	5.0	4.0	1.0	1,197.0	3.0	86.4	86.3	86.3
D	25.0	45.6	70.9	1,142.0	28.0	4.0	24.0	1,170.0	1,142.0	28.0	4.0	24.0	1,170.0	1.0	86.6	86.6	86.6

(***) Klassifizierung der Nichtverfügbarkeit (NV)

geplante NV Beginn und Dauer der NV müssen mehr als vier Wochen vor Eintritt festgelegt werden.
ungeplante NV Der Beginn der NV ist nicht oder bis vier Wochen verschiebbar.
disponibel Der Beginn der NV ist mehr als zwölf Stunden bis vier Wochen verschiebbar.
nicht disponibel Der Beginn der NV ist nicht oder bis zwölf Stunden verschiebbar.

(*) Pflichteingabefelder
berechnete Felder

Datenblatt zur Meldung an VGB		Verfügbarkeit		VGB Stand 07/2012
Unternehmen: VGB PowerTech e.V.		Kraftwerk: Essen	Zeitraum: 2015	
für Wasserkraftanlagen				
34				
Maschinen- satz Nr.	Bemerkungen			
A				
B				
C				
D				

(*) Pflichteingabefelder
berechnete Felder

Erfassungsbeispiele „Einzelereignisse von Wärmekraftwerken“

Elektronische Vorlage: https://www.vgb.org/kissy_templates.html

(*) Pflichteingabefelder

berechnete Felder

Datenblatt aus KISSY		Nichtverfügbarkeit									VGB Stand 10/2010	
Unternehmen: VGB PowerTech e. V.		Kraftwerk: Essen			Block-Nr.: 2		Nennleistung (brutto): 200			Zeitraum: 2015		
NICHTVERFÜGBARKEITS-(NV)-EREIGNISSE (Voll- und Teilausfälle des Blockes / Gasturbinen)												
brutto/netto	1	2	3	4	5			6	7	8	9	
	Lfd. Ereignis-Nr.	Dauer der NV		NV-Arbeit	Anlagen-System (KKS-Funktion)			Ereignismerkmale			Kurzbeschreibung	
		Beginn (TT/MM/JJJJ; hh:mm)	Ende (TT/MM/JJJJ; hh:mm)	MWh	F 1	F 2	F 3	Zeitraumen	Ereignisart	Hauptaus- wirkung	(Ergänzung zur Verschlüsselung mit stichw. ortartiger Schilderung des Ereignisablaufes und Nennung des betroffenen Anlagenteiles.)	
	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)			EMS 4/1 (*)	EMS 1 (*)	EMS 4/2 (*)		
n	2015001	12.01.2015 13:24	12.01.2015 20:00	1.320	H	A	C	A	A1	4	Störung: Bei Lastaufnahme erfolgte Feuer aus über "Differenzmenge Speisewasser über Eco" (Fehlalarme durch Frosteinwirkung)	
n	2015002	12.01.2015 20:00	14.01.2015 08:08	7.227	E	T	A	D	A2	4	Während des Stillstandes Ausfall des Trogkettenförderers ETA 20 wegen Wicklungsschadens des Antriebmotors aufgrund einer Überlastung. Motor wurde ausgetauscht.	
n	2015003	01.02.2015 23:40	02.02.2015 15:35	795	H	F	C	C	A2	2	Max. 275 MW wegen Betrieb mit vier Mühlen. Mühle 3 in Reparatur, Mühle 6 ausgefallen durch "Kurzschluss Auflösung" (Motor wurde danach gewechselt)	
n	2015004	25.02.2015 18:31	26.02.2015 12:25	3.580	H	A	D	C	A2	4	Rohranriss im Verdampfer, + 27,0 m Ecke Mühle 2, durch Abreißen eines Nockens der Membranwandführung infolge Dehnungsbehinderung. Durch Reparaturschweißungen beseitigt.	
n	2015005	26.02.2015 12:25	26.02.2015 20:23	1.593	M	A	J	D	A2	4	Störung beim Anfahrbetrieb: Schadhäfte Magnetventile der Elmpumpen-Luftstrahler führten zu Lufteinbruch und dadurch zu ungenügendem Vakuum.	
n	2015006	02.08.2015 00:00	12.08.2015 00:00	12.000				C	D2	2	Außeneinfluss: Kühlwassertemperatur zu hoch	
n	2015007	20.12.2015 16:20	22.12.2015 15:00	8.074	X	A	A	C	A2	2	Schaden an der Antriebsturbine TKSP, Regelbalken verborgen	
n	2015008	23.12.2015 21:45	24.12.2015 05:30	388	P	A	C	C	A2	2	Reparatur der Hauptkühlwasserpumpe	

Erfassungsbeispiele „Einzelereignisse von Kernkraftwerken“

Elektronische Vorlage: https://www.vgb.org/kissy_templates.html

(*) Pflichteingabefelder

berechnete Felder

Datenblatt aus KISSY	Nichtverfügbarkeit				VGB Stand 10/2010
nehmen:	Kraftwerk:	Block-Nr.:	Nennleistung (brutto):	Zeitraum: 2015	
PowerTech e. V.	Essen	3	1000		

NICHTVERFÜGBARKEITS-(NV)-EREIGNISSE (Voll- und Teilausfälle des Blockes / Gasturbinen)

1	2	3	4	5			6	7	8	9
Lfd. Ereignis-Nr.	Dauer der NV		NV-Arbeit MWh	Anlagen-System (KKS-Funktion)			Ereignismerkmale			Kurzbeschreibung (Ergänzung zur Verschlüsselung mit stichw. ortartiger Schilderung des Ereignisablaufes und Nennung des betroffenen Anlagenteiles.)
	Beginn (TT/MM/JJJJ; hh:mm)	Ende (TT/MM/JJJJ; hh:mm)		F 1	F 2	F 3	Zeitraumen	Ereignisart	Hauptaus- wirkung	
	(*)	(*)		(*)	(*)		EMS 4/1 (*)	EMS 1 (*)	EMS 4/2 (*)	
2015009	12.01.2015 13:24	12.01.2015 20:00	2.112	J	D	A	J	Z0	2	Steuerstabsabfahrlogewechsel oder Steuerstabsmusterwechsel
2015010	12.01.2015 20:00	14.01.2015 08:08	11.403	M	A	Y	J	B1	2	Einzelscremtest, Schliesszeitenmessung der Frischdampf-Isolationsventile, Turbinenprüfungen, Testlauf Speisewas-serpumpe C und Behebung einer Dichtungsleckage am Sperrdampf-Regelventil 35V6301B.
2015011	07.05.2015 12:00	01.06.2015 23:00	611.000	J			K	B7	4	Brennelementwechsel und Revision
2015012	10.03.2015 10:14	13.03.2015 15:45	1.030	L	C	Y	C	A2	2	Störung am Hauptkondensat-Ablaufregelventil
2015013	09.04.2015 03:00	09.04.2015 05:45	107	M	A	W	H	A2	2	Beseitigung einer Dampfleckage an einer Armatur im Sperrdampfsystem
2015014	02.10.2015 03:50	02.10.2015 05:00	500	J	R		A	A1	2	Ansprechen der Reaktorleistungsbegrenzung infolge Leistungsdichteumverteilung im Reaktorkern.
2015015	27.05.2015 00:00	28.05.2015 05:00	29.000	P			C	B7	4	Reparatur Kondensatorleckage
2015016	22.12.2015 22:30	22.12.2015 23:45	250	L	B		H	A2	2	Reparaturarbeiten an Armatur RF24S103

Erfassungsbeispiele „Einzelereignis und zeitlich überlappende Ereignisse“

Elektronische Vorlage: https://www.vgb.org/kissy_templates.html

Datenblatt aus KISSY		Nichtverfügbarkeit										VGB Stand 10/2010	
Unternehmen:		Kraftwerk:				Block-Nr.:		Nennleistung (brutto):			Zeitraum: 2015		
VGB PowerTech e. V.		Essen				1		250					
NICHTVERFÜGBARKEITS-(NV)-EREIGNISSE (Voll- und Teilausfälle des Blockes / Gasturbinen)													
brutto/netto	1	2	3	4	5			6	7	8	9		
	Lfd. Ereignis-Nr.	Dauer der NV		NV-Arbeit	Anlagen-System (KKS-Funktion)			Ereignismerkmale			Kurzbeschreibung (Ergänzung zur Verschlüsselung mit stichw. ortartiger Schilderung des Ereignisablaufes und Nennung des betroffenen Anlagenteiles.)		
	Beginn (TT/MM/JJJJ; hh:mm)	Ende (TT/MM/JJJJ; hh:mm)	MWh		F 1	F 2	F 3	Zeitraumen	Ereignisart	Hauptaus- wirkung			
	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)				EMS 4/1 (*)	EMS 1 (*)	EMS 4/2 (*)	
Bild 26	n	2015001	25.02.2015 18:31	26.02.2015 12:25	4.358	H	A	D	C	A2	4	Rohranriss im Verdampfer, +27 m Ecke Mühle 2, durch Abreißen eines Nockens der Mambranwandführung infolge Dehnungsbehinderung. Druch Reparaturschweißungen beseitigt.	
Bild 27	n	2015002	06.05.2015 13:12	06.05.2015 23:48	1.250	H	L	D	C	A2	2	Rücksetzung wegen Grädigkeit des Luvo	
	n	2015003	06.05.2015 23:48	07.05.2015 07:51	1.750	H	L	D	C	A2	4	Abfahren Block, Luvo-Bleche aus Halterung gelöst, Instand. der Halterung und Erneuerung der zerstörten Bleche; Block auf Volllast	
Bild 28	n	2015004	16.05.2015 19:30	17.05.2015 13:12	2.138	H	L	B	C	A2	2	Ausfall Frischlüfter	
	n	2015005	17.05.2015 13:12	18.05.2015 17:51	6.900	M	K	Y	A	A1	4	Störung in der Erregung Generator; Spannungsausfall der Erregerversorgung; Fehlersuche Ursache nicht feststellbar	

Relevante EMS-Kodierung zur Meldung an VGB

Meldung an VGB	VGB Ereignis-Merkmal-Schlüsselsystem für die NV-Ereignis-Erfassung (nur relevante EMS Codes)	Stand VGB 10/2015
<div> <div> EMS 4/1 Zeitrahmen * A Automatischer Lastabwurf/Schnellschluss B Manueller Lastabwurf/Schnellschluss C Geordnete Abfahrt oder Leistungsreduktion innerhalb von 12 Stunden D Wiederanfahrt bzw. Wiederinbetriebnahme nicht möglich (soweit nicht Punkte E, K, L). Aufgrund technischer Mängel kann der Anfahrvorgang nicht eingeleitet werden. E Überschreitung der geplanten Ereignis-Zeit nach Punkt J oder K durch ungeplante Maßnahmen (Schäden, Störungen, ...) F Anfahrverzögerung. Ein eingeleiteter Anfahrvorgang kann in der vorgegebenen Zeit nicht zur Netzschaltung gebracht werden. G Anfahrverlängerung. Nach der Netzschaltung ist eine Leistungssteigerung nicht entsprechend der Anfahrkurve/dem Betriebshandbuch möglich. H Mehr als 12 Stunden verschiebbar J Mehr als 4 Wochen vorher festgelegt K Jahresstillstandsprogramm L Überschreitung der geplanten Ereignis-Zeit nach Punkt J oder K durch Verlängerung der geplanten Dauer M ohne Auswirkung (nur in Verbindung mit Anlagenkomponenten zulässig) A-G: ungeplant nicht disponibel H: ungeplant disponibel J, K, L: geplant * gilt für Leistungseinschränkung und Stillstand der Anlage </div> <div> EMS 1 Ereignisart * A1 Störung ohne Schaden A2 Schaden B1 Kontrolle/Zustandsprüfung B2 Schmierung B3 Wartung B4 Inspektion B5 Vorbeugende Instandsetzung B6 Sauberhaltung B7 Revision B8 Brennelementwechsel C0 Umbau/Erweiterung D2 Außeneinfluss ohne Schaden D21 Brennstoff D22 Konservierung der Anlage D23 Klima D24 Netzrestriktion D241 Redispatch D25 Personalmangel D26 Sonstiges E0 Versuche/Funktionsprobe/Funktionsprüfung F0 Amtliche Prüfung/Maßnahme G0 Reaktivitätsmängel Z0 Sonstige Ereignisart EMS 4/2 Hauptauswirkung 2 Leistungseinschränkung 4 Stillstand </div> </div>		

Kennwerte und Definitionen

Marktbewertete Versorgungszuverlässigkeit

$$r_m = 1 - \frac{\sum(|W_{Bi} - W_{Fpi}| \cdot DB_i)}{\sum(W_{Fpi} \cdot DB_{ii})}$$

r_m :	marktbewertete Versorgungszuverlässigkeit
W_{Bi} :	Betriebsarbeit
W_{Fpi} :	Fahrplanarbeit
$DB_i = EEX - DB_{ii}$:	Deckungsbeitrag einer Kraftwerksanlage
DB_{ii} :	spezifischer Deckungsbeitrag einer Kraftwerksanlage

Begriffsbestimmung

Die marktbewertete Versorgungszuverlässigkeit ist der Quotient aus dem mit dem Deckungsbeitrag gewichteten Betrag der Differenz aus Betriebsarbeit und Fahrplanarbeit und der mit dem Deckungsbeitrag gewichteten Fahrplanarbeit, jeweils bezogen auf den betrachteten Zeitbereich. Die Ermittlung der Eingangsgrößen erfolgt analog der Preisentwicklung stundenweise.

Beispiel

Kraftwerk		Steinkohle					
marktbewertete Verf [T€]		-7					
P_N Nennleistung [MW _n]		600					
Fahrplanleistung [MW _n]		600					
Datum	Zeit	EEX	spezifische Deckungsbeitragsbeitrag	Betriebsarbeit	marktbewertete Verfügbarkeit		
		[€/MWh]	[€/MWh]	[MWh _n]	[T€/h]	[T€ _{kum}]	
01.01.2015	0:00	19,79	18,43	240,46	-0,49	-0,49	
01.01.2015	1:00	18,46	18,43	240,46	-0,01	-0,50	
01.01.2015	2:00	17,04	18,43	240,46	0,00	-0,50	
01.01.2015	3:00	14,47	18,43	240,46	0,00	-0,50	
01.01.2015	4:00	9,90	18,43	240,46	0,00	-0,50	
01.01.2015	5:00	7,71	18,43	240,46	0,00	-0,50	
01.01.2015	6:00	0,81	18,43	240,46	0,00	-0,50	
01.01.2015	7:00	0,57	18,43	240,46	0,00	-0,50	
01.01.2015	8:00	0,18	18,43	599,14	0,00	-0,50	
01.01.2015	9:00	5,34	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	10:00	8,87	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	11:00	12,67	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	12:00	14,52	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	13:00	14,50	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	14:00	11,34	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	15:00	13,59	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	16:00	18,58	18,43	607,02	0,00	-0,50	
01.01.2015	17:00	25,60	18,43	607,02	0,05	-0,45	
01.01.2015	18:00	25,99	18,43	607,02	0,05	-0,40	
01.01.2015	19:00	25,84	18,43	607,02	0,05	-0,34	
01.01.2015	20:00	24,05	18,43	240,46	-2,02	-2,36	
01.01.2015	21:00	22,09	18,43	240,46	-1,32	-3,68	
01.01.2015	22:00	26,34	18,43	240,46	-2,84	-6,52	
01.01.2015	23:00	20,11	18,43	240,46	-0,60	-7,13	

Verwendung

Die Versorgungszuverlässigkeit ist ein Maß für die wirtschaftliche Einsatzfähigkeit einer Anlage im Wholesale-Markt. Sie bewertet über die technische Einsatzfähigkeit hinaus den wirtschaftlichen Nutzen des Einsatzes.

$$r_m = 1 - \frac{\sum(|W_{Bi} - W_{Fpi}| \cdot (EEX - DB_{ii}))}{\sum(W_{Fpi} \cdot DB_{ii})}$$

$$r_m = 1 - ((240,46 \text{ MWh} - 600 \text{ MWh}) \cdot (19,79 \text{ €/MWh} - 18,43 \text{ €/MWh}) + (0,045 + 0,128 + 0 + \dots + 0,572 + 0,582 + \dots) + (240,46 \text{ MWh} - 600 \text{ MWh}) \cdot (20,11 \text{ €/MWh} - 18,43 \text{ €/MWh})) = 0,918 \approx 92\%$$

* spezifischer Deckungsbeitrag sind mindestens die Brennstoffkosten

Zeitverfügbarkeit in Peak-Zeiten

$$k_{t\text{ Pe}} = t_{v\text{ Pe}} / t_{N\text{ Pe}} = (t_{N\text{ Pe}} - t_{nv\text{ Pe}}) / t_{N\text{ Pe}}$$

$k_{t\text{ Pe}}$:	Zeitverfügbarkeit in Peak-Zeiten
$t_{v\text{ Pe}}$:	Verfügbarkeit während Peak-Zeiten
$t_{N\text{ Pe}}$:	Anzahl Peakstunden in der Nennzeit
$t_{nv\text{ Pe}}$:	Nichtverfügbarkeitszeit während Peak Zeiten

Begriffsbestimmung

Die Zeitverfügbarkeit in Peak-Zeiten ist der Quotient aus der Verfügbarkeitszeit während Peak-Zeiten und der Anzahl der Peak-Stunden in der Nennzeit.

Die Verfügbarkeitszeit während Peak-Zeiten ist die Differenz aus der Anzahl der Peak-Stunden in der Nennzeit und der Nichtverfügbarkeitszeit während Peak-Zeiten.

Verwendung

Die Zeitverfügbarkeit in Peak-Zeiten ist ein Maß für die zeitliche Einsatzfähigkeit einer Anlage in Peak-Zeiten. Sie ist insbesondere als Maß für Anlagen geeignet, die überwiegend im Mittel- und Spitzenleistungsbereich einsatzfähig sein sollen.

Die Zeitverfügbarkeit während Peak-Zeiten ist unabhängig von der Höhe der jeweils verfügbaren Leistung. Bei Bedarf kann durch Verwendung von Plan- und Außer-Plan-Nichtverfügbarkeitszeiten eine weitere Differenzierung vorgenommen werden.

Beispiel

Steinkohlekraftwerksblock mit $P_N = 150\text{ MW}$

Monat November mit 22 Peak-Tagen = 264 Peak-Stunden

Leistungsminderung:

$P = 120\text{ MW}$ von Fr 05.11. 12:00 Uhr bis 18:00 Uhr

Kesselschaden:

Fr 05.11. 18:00 Uhr bis Mo 08.11. 16 Uhr

Leistungsminderung:

110 MW von Di 16.11. 06:00 Uhr bis 14:00 Uhr

$$k_{t\text{ Pe}} = t_{v\text{ Pe}} / t_{N\text{ Pe}} = (t_{N\text{ Pe}} - t_{nv\text{ Pe}}) / t_{N\text{ Pe}}$$

$$k_{t\text{ Pe}} = (264\text{ h} - 10\text{ h}) / 264\text{ h} = 0,9621$$

Peak-Zeiten T_{NPe}

Die Peak-Stunden innerhalb der Nennzeit umfassen alle börsentypischen Peak-Zeiten (z. B. in Deutschland: montags bis freitags alle Stunden von 08:00 bis 20:00 Uhr; auf diese Tage fallende Feiertage zählen als normale Werktage).

Insofern auf Peak-Zeiten bezogene Kenngrößen zu ermitteln sind, dürfen in allen nachfolgenden Definitionen die Zeit-, Leistungs- und Arbeitswerte der Ereignisse in Energieumwandlungsanlagen nicht über die gesamte Nennzeit, sondern nur während der Peak-Stunden innerhalb der Nennzeit betrachtet werden.

Die Anzahl der Peak-Stunden kann auch online berechnet werden, z. B.: <http://www.prognoseforum.de/elektrizitaet/monatsstunden.htm>

Beispiel: Jahrespeakstunden 2015

$$T_{NPe} = | 08 - 20 | \text{ h/d} * 261 \text{ d} = 3.132 \text{ h}$$

Arbeitsverfügbarkeit in Peak Zeiten

$$k_{W\text{ Pe}} = W_{v\text{ Pe}} / W_{N\text{ Pe}} = (W_{N\text{ Pe}} - W_{nv\text{ Pe}}) / P_N * t_{N\text{ Pe}}$$

$k_{W\text{ Pe}}$:	Arbeitsverfügbarkeit in Peak-Zeiten
$W_{v\text{ Pe}}$:	verfügbare Arbeit während Peak-Zeiten
$W_{n\text{ Pe}}$:	nichtverfügbare Arbeit während Peak-Zeiten
$t_{N\text{ Pe}}$:	Peak-Stunden in der Nennzeit

(Betrachtung kann brutto, wie netto erfolgen.)

Begriffsbestimmung

Die Arbeitsverfügbarkeit in Peak-Zeiten ist der Quotient aus der verfügbaren Arbeit während Peak-Zeiten und der Nennarbeit während Peak-Zeiten. Die verfügbare Arbeit während Peak-Zeiten ist die Differenz aus der Nennarbeit und der nichtverfügbaren Arbeit während Peak-Zeiten. Die Nennarbeit während Peak-Zeiten ist das Produkt aus Nennleistung und Peak-Stunden in der Nennzeit.

Verwendung

Die Arbeitsverfügbarkeit in Peak-Zeiten ist ein Maß für die Arbeit, die eine Erzeugungswandlungsanlage in Peak-Zeiten aufgrund ihres technischen und betrieblichen Zustandes erzeugen kann. Sie ist insbesondere als Maß für Anlagen geeignet, die überwiegend im Mittel- und Spitzenleistungsbereich einsatzfähig sein sollen. Die Arbeitsverfügbarkeit während Peak-Zeiten berücksichtigt im Unterschied zur Zeitverfügbarkeit während Peak-Zeiten auch Teil-Nichtverfügbarkeiten und kann zur weiteren Differenzierung bei Bedarf ebenfalls zwischen Plan- und Außerplan-NV-Zeiten unterscheiden.

Beispiel

Steinkohlekraftwerksblock mit $P_N = 150\text{ MW}$

Monat November mit 22 Peak-Tagen = 264 Peak-Stunden

Leistungsminderung:

$P = 120\text{ MW}$ von Fr 05.11. 12:00 Uhr bis 18:00 Uhr

Kesselschaden: Fr 05.11. 18:00 Uhr bis Mo 08.11. 16 Uhr

Leistungsminderung:

110 MW von Di 16.11. 06:00 Uhr bis 14:00 Uhr

$$k_{W\text{ Pe}} = W_{v\text{ Pe}} / W_{N\text{ Pe}} = (W_{N\text{ Pe}} - W_{nv\text{ Pe}}) / P_N * t_{N\text{ Pe}}$$

$$k_{W\text{ Pe}} = 150\text{ MW} * 264\text{ h} - (30\text{ MW} * 6\text{ h} + 150\text{ MW} * 10\text{ h} + 40\text{ MW} * 8\text{ h}) / 150\text{ MW} * 264\text{ h}$$

$$k_{W\text{ Pe}} = 0,9495$$

Lastverteilerausfallrate

$$p_l = W_{nv\ u(n)} / (W_B + W_{nv\ u(n)} + W_{ns}) * 100\%$$

p_l : Lastverteilerausfallrate
 W_B : Betriebsarbeit
 $W_{nv\ u(n)}$: (nicht disponible) ungeplante NV-Arbeit
 W_{ns} : Außeneinflussarbeit

Begriffsbestimmung

Die Lastverteilerausfallrate – ungeplant (gesamt) ist der Quotient aus der nicht verfügbaren, ungeplant nicht disponiblen Arbeit und der Summe der Betriebsarbeit, der nicht verfügbaren, ungeplant nicht disponiblen Arbeit und der Außeneinflussarbeit.

Verwendung

Die Lastverteilerausfallrate – ungeplant (gesamt) ist ein Maß für die nicht erzeugbare Arbeit außerhalb geplanter Nichtverfügbarkeiten und außerhalb verfügbarer Arbeit. Sie ist damit ein Frühwarnindikator eines Risikomanagementsystems.

Beispiel

Kohlekraftwerksblock Februar 2015

$$0,07\% = 230\text{ MWh} / (320.209\text{ MWh} + 230\text{ MWh} + 0\text{ MWh}) * 100\%$$

Berechnungen je Block, je Leistungsgruppe, je Kraftwerk

Kohlekraftwerksblock Dezember 2015

$$12,2\% = 44.137\text{ MWh} / (318.208\text{ MWh} + 44.137\text{ MWh} + 274\text{ MWh}) * 100\%$$

Berechnungen je Block, je Leistungsgruppe, je Kraftwerk

Lastverteilerverlässlichkeit

$$p_v = W_B / (W_B + W_{nv\ u(n)} + W_{ns}) * 100\%$$

p_v : Lastverteiler Verlässlichkeit
 W_B : Betriebsarbeit
 $W_{nv\ u(n)}$: (nicht disponible) ungeplante NV-Arbeit
 W_{ns} : Außeneinflussarbeit.

Begriffsbestimmung

Die Lastverteilerverlässlichkeit ist der Quotient aus der Betriebsarbeit und der Summe der Betriebsarbeit, der (nicht disponible) ungeplanten NV-Arbeit und der Außeneinflussarbeit.

Verwendung

Die Lastverteilerverlässlichkeit ist ein Maß für die Zuverlässigkeit einer Energieumwandlungsanlage außerhalb geplanter Nichtverfügbarkeiten.

Der Kennwert kann auch für Spitzenlastanlagen genutzt werden.

Beispiel

Kohlekraftwerksblock Dezember 2015

$$87,75\% = 318.208 \text{ MWh} / (318.208 \text{ MWh} + 44.137 \text{ MWh} + 274 \text{ MWh}) * 100\%$$

Berechnungen je Block, je Leistungsgruppe, je Kraftwerk

Arbeitsverlässlichkeit

$$W_v = W_B / (W_B + W_{nv\ u(n)}) * 100\%$$

W_v : Arbeitsverlässlichkeit
 W_B : Betriebsarbeit
 $W_{nv\ u(n)}$: (nicht disponible) ungeplante
nichtverfügbare Arbeit

Begriffsbestimmung

Die Arbeitsverlässlichkeit ist der Quotient aus der Betriebsarbeit und der Summe der Betriebsarbeit und der (nicht disponiblen) ungeplanten NV-Arbeit.

Verwendung

Die Verlässlichkeit gibt eine Aussage über die Zuverlässigkeit einer Anlage bezogen auf außerplanmäßige Ereignisse.

Beispiel

Kohlekraftwerksblock Februar 2015

$$95,53\ \% = 320.209\ \text{MWh} / (320.209\ \text{MWh} + 14.998\ \text{MWh}) * 100\ \%$$

Berechnungen je Block, je Leistungsgruppe, je Kraftwerk

Zeitverlässlichkeit

$$W_t = t_B / (t_B + t_{nv\ u(n)}) * 100\%$$

W_t : Zeitverlässlichkeit
 t_B : Betriebszeit
 $t_{nv\ u(n)}$: (nicht disponible) ungeplante
nichtverfügbare Zeit

Begriffsbestimmung

Die Zeitverlässlichkeit ist der Quotient aus der Betriebszeit und der Summe der Betriebszeit und der (nicht disponiblen) ungeplanten NV-Zeit.

Verwendung

Die Verlässlichkeit gibt eine Aussage über die Zuverlässigkeit einer Anlage bezogen auf außerplanmäßige (nicht) disponible Ereignisse.

Beispiel

Kohlekraftwerksblock Dezember 2015

$$99,17\% = 737,8\text{ h} / (737,8\text{ h} + 6,2\text{ h}) * 100\%$$

Fahrplantreue

$$f_{FP} = W_B / W_{FP} * 100\%$$

f_{FP} : Fahrplantreue für eine Zeiteinheit
 W_B : Betriebsarbeit
 W_{FP} : Fahrplanarbeit

Begriffsbestimmung

Die Fahrplantreue ist der Quotient aus der Betriebsarbeit und Arbeitsanforderung an die Erzeugungsumwandlungsanlage innerhalb eines Zeitintervalls (Monatsplan, Tagesplan).

Verwendung

Die Fahrplantreue dient zur Erfassung und Bewertung der Fahrplantreue in Energieumwandlungsanlagen. Diese Kennziffer kann für die Beurteilung von Bilanzkreisabweichungen benutzt werden.

Beispiel

Kohlekraftwerksblock Februar 2015

$$92,5\% = 1.780 \text{ GWh} / 1.924 \text{ GWh} * 100\%$$

Fahrplanleistung

Fahrplanleistung P_{FP}

Die Fahrplanleistung einer Energieumwandlungsanlage ist die mit dem Kraftwerk/KW-Block vereinbarte, vorgegebene und von ihr zu fahrende Leistung. Sie wird meist als mittlere Stundenleistung angegeben.

Die **Fahrplanarbeit** W_{FP} ergibt sich aus der Fahrplanleistung und der Zeiteinheit.

Beispiel

Steinkohlekraftwerksblock mit $P_N = 670$ MW

P_N in MW	h	P_{FP} in MW
670	1	320
670	2	320
670	3	320
670	4	320
670	5	640
670	6	640
670	7	640
670	8	640
670	9 ... 23	640
670	24	640

Fahrplanabweichung

absolute Fahrplanabweichung

$$\Delta P_a = \sum_i^{n-1} |P_{FPt} - P_{Bt}| / n [\text{MW} / \text{x min}]$$

P_a : absolute Fahrplanabweichung
 P_{FPt} : Fahrplanleistung (saldiert mit Regelleistung)
 P_{Bt} : Betriebsleistung (Netzeinspeisung)

Die absolute Fahrplanabweichung ist das Maß des Vermögens einer Anlage, dem Fahrplangradienten zu folgen.

spezifische Fahrplanabweichung

$$F_{Vn} = \left(\sum \frac{|W_{FP} - W_B|}{W_{FP}} \right) * 100 \%$$

Beispiel: 350 MW Steinkohlenanlage

Fahrplan	Messung	Fahrplanabweichung
MW	MW	MW
185	179	6
185	177	8
185	174	11
	...	
190	186	4
202	195	7
	288	5257
		5257 / 288 = 18,25 MW/5min

24 h entsprechen 288 5-Minutenwerten

Die Energieumwandlungsanlage folgt der Fahrplanvorgabe innerhalb von 24 h mit einem durchschnittlichen Delta von 18,25 MW.

Hier erfolgt die Aussage, dass alle Ergebnisse, die von der Fahrplantreue abweichen, eine Verletzung des Fahrplanes sind. Jedes Unternehmen sollte eine eigenständige Toleranz für ihre zu akzeptierende Abweichung festlegen (z. B. Messfehler/-genauigkeit).

Die Fahrplanabweichung ist die Ergänzung zur Fahrplantreue, in dieser Kennziffer wird die absolute Abweichung zum Fahrplan je Zeiteinheit bzw. spezifische Abweichung ermittelt.

Es wird empfohlen, die Zeiteinheit auf 15 Minuten zu beziehen.

KWK-Kennwert

$$n_{\text{KWK}} = W_{\text{ne KWK}} / W_{\text{N ne}} * 100\%$$

n_{KWK} : KWK Kennwert
 $W_{\text{ne KWK}}$: erzeugte KWK Nettoarbeit
 $W_{\text{N ne}}$: Nettonennarbeit

Begriffsbestimmung

Der KWK Kennwert ist der Quotient aus der erzeugten KWK Nettoarbeit und der Nettonennarbeit.

Verwendung

Bewertung einer Anlage auf ihren KWK-Anteil bezogen auf ihre Nettonennarbeit.

Beispiel

Kohlekraftwerksblock Februar 2015

$$1,40 \% = (24,646 \text{ GWh} / 1.715 \text{ GWh}) * 100 \%$$

CO₂-Kennwert

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{M_B \cdot H_u \cdot e_f \cdot e_{\text{ox}}}{W_{B \text{ ne}}}$$

E_{CO_2} : Kennwert CO₂ Emission [t CO₂ / MWh]

M_B : Brennstoffeinsatz [t / a]

H_u : unterer Heizwert [MJ / kg]

e_f : Emissionsfaktor [t CO₂ / TJ]

e_{ox} : Oxidationsfaktor [-]

$W_{B \text{ ne}}$ = Netto Betriebsarbeit

Definition

Der Emissionskennwert einer Anlage ist der Quotient aus dem CO₂-Anfall und der Netto-Betriebsarbeit.

Verwendung

Der Emissionskennwert zeigt die CO₂-Emission in t/MWh für die Erzeugung von Elektroenergie und Wärme an.

Beispiel Braunkohlekraftwerk

M_B :	6.566.000,0	t p.a.
H_u :	8,786	MJ/kg
e_f :	113	t CO ₂ /TJ
e_{ox} :	0,99	

$W_{B \text{ äqu}}$:	0	MWh
W_B :	6.671.675	MWh
E_{CO_2} :	0,97	t/MWh

Marktbewertete Verfügbarkeit

$$k_{Wm} = \frac{\sum_{i=1..N} (W_{N,i} - W_{nv,i}) \cdot DB +_i}{\sum_{i=1..N} W_{N,i} \cdot DB +_i}$$

- k_{Wm} : marktbewertete Verfügbarkeit
 $W_{N,i}$: spezifische Nennarbeit
 $W_{nv,i}$: spezifische nicht verfügbare Arbeit
 DB : Deckungsbeitrag*
 EEX : EEX-Preis (z. B. Peak, Base; je h)
 *) $DB = \text{Brennstoffkosten (BAFA)} + CO_2 (EEX-EUA)$

Beispiel: (vereinfachte Betrachtung ohne Rampen)

- 500 MW Stk-Block: Mo-Fr 8-20 Uhr Volllast; Do von 14 bis 18 Uhr Reserve; Fr ab 16 Uhr Netzarbeiten
- Betrachtung für Peak (13. KW 2015) **stündliche Betrachtung erforderlich!**
- Summe der Grenzkosten: 40 €/MWh
- EEX (in €/MWh): Mo 50,1; Di 55,4; Mi 48,6; Do 55,6; Fr 51,6

$$k_{Wm} = \frac{500MW \cdot 10h}{500MW \cdot 10h} \cdot \frac{\overline{EEX}}{40 \text{ €/MWh}} \text{ Mo-Mi}$$

$$k_{Wm} = \frac{(500MW \cdot 6h) + (500MW \cdot 4h)}{500MW \cdot 10h} \cdot \frac{\overline{EEX}}{40 \text{ €/MWh}} \text{ Do}$$

$$k_{Wm} = \frac{(500MW \cdot 10h) - (500MW \cdot 4h)}{500MW \cdot 10h} \cdot \frac{\overline{EEX}}{40 \text{ €/MWh}} \text{ Fr}$$

- Mo: $K_{Wm} = 1,25$
 Di: $K_{Wm} = 1,39$
 Mi: $K_{Wm} = 1,22$
 Do: $K_{Wm} = 1,39$
 Fr: $K_{Wm} = 0,77$

Marktbewertete Verfügbarkeit – Gegenüberstellung

$$k_k = \frac{W_k}{W_N} \cdot \frac{EEX - \sum GK}{EEX} = \frac{W_{Bne} + W_R - W_{ng}}{W_N} \cdot \frac{EEX - \sum GK}{EEX} \quad \text{für } (EEX - \sum GK) \geq 0$$

$$k_k = 0 \quad \text{für } (EEX - \sum GK) < 0$$

k_k :	marktbewertete Verfügbarkeit
W_k :	marktbewertete Arbeit
W_{Bne} :	Betriebsarbeit netto
W_R :	Bereitschaftsarbeit
W_{ng} :	nicht einsetzbare Arbeit (Außeneinfluss)
GK:	Grenzkosten*
EEX:	EEX-Preis (z.B. Peak, Base; je h)

*) GK = Brennstoffkosten (BAFA) + CO₂(EEX-EUA)

$$k_K = \frac{\sum_{i=1..N} (W_{N,i} - W_{nv,i}) \cdot DB_i}{\sum_{i=1..N} W_{N,i} \cdot DB_i}$$

k_K	[%]	marktbewertete Verfügbarkeit
$W_{N,i}$	[MWh]	Nennarbeit im Zeitintervall i
$W_{nv,i}$	[MWh]	„Nicht verfügbare Arbeit (NV-Arbeit)“ im Zeitintervall i
I	[1]	Laufindex über die Zeitintervalle 1 bis N des betrachteten Zeitbereichs. Das Zeitraster wird durch das Zeitraster der Börsenpreise vorgegeben, d. h. derzeit 1 Stunde.
N	[1]	Anzahl Zeitintervalle im betrachteten Zeitbereich
DB_i	[€/MWh]	Deckungsbeitrag im Zeitintervall i mit $DB_i = 0$ für $EEX_i < GK_i$ $= EEX_i - GK_i$ für $EEX_i \geq GK_i$
EEX_i	[€/MWh]	Börsenpreis des Spotmarktes, z. B. EEX-Börse, im Zeitintervall i
GK_i	[€/MWh]	Gestehungskosten im Zeitintervall i

Verfügbarkeit von GuD-Kraftwerken

$$k_{\text{GuD}} = \frac{\left(\sum_{i=1 \dots x} W_{\text{NGuD},i} + W_{\text{Näqu}} \right) - \sum_{i=1 \dots x} W_{\text{nVGuD},i}}{\sum_{i=1 \dots x} W_{\text{NGuD},i} - W_{\text{Näqu}}} = \frac{\left(\sum_{i=1 \dots y} W_{\text{N,GT},i} + \left(W_{\text{N,DT}} + W_{\text{Näqu}} \right) \right) - \left(\sum_{i=1 \dots y} W_{\text{nV,GT},i} + \left(W_{\text{nV,DT}} + W_{\text{nVäqu}} \right) \right)}{\left(\sum_{i=1 \dots y} W_{\text{N,GT},i} + \left(W_{\text{N,DT}} + W_{\text{Näqu}} \right) \right)}$$

- k_{GuD} : Verfügbarkeit des GuD-Kraftwerks
 W_{GuD} : Arbeit des GuD-Kraftwerks
 W_{nV} : nicht verfügbare Arbeit
 $W_{\text{GT},i}$: Arbeitsanteil der Gasturbine(n) am GuD-Prozess
 W_{DT} : Arbeitsanteil der Dampfturbine am GuD-Prozess
 $W_{\text{N},i}$: Nennarbeitsanteil
 $W_{\text{äqu}}$: äquivalente elektrische Arbeit durch Wärmeauskopplung

Beispiel: GuD-Kraftwerk mit ungefeuerten Abhitzekeßel

$$k_{\text{GuD}} = \frac{(W_{\text{N,GT1}} + W_{\text{N,GT2}} + (W_{\text{N,DT}} + W_{\text{Näqu}})) - (W_{\text{nV,GT1}} + W_{\text{nV,GT2}} + (W_{\text{nV,DT}} + W_{\text{nVäqu}}))}{W_{\text{N,GT1}} + W_{\text{N,GT2}} + (W_{\text{N,DT}} + W_{\text{Näqu}})}$$

(GT-Solobetrieb zulässig, Betrachtungszeitraum jeweils 8 h)

Nennleistungen: $P_{\text{N}}(\text{GuD}) = 540 \text{ MW}$, $P_{\text{N}}(\text{GT1}) = 190 \text{ MW}$, $P_{\text{N}}(\text{GT2}) = 190 \text{ MW}$,

$P_{\text{N}}(\text{DT}) = 190 \text{ MW}$; $P_{\text{Näqu}} = -30 \text{ MW}$; $P_{\text{nVäqu}} = -110 \text{ MW}^*$

- Fall 1: GT1 Vollast, GT2 Vollast, DT Vollast

$$k_{\text{GuD}} = \frac{(190 \text{ MW} + 190 \text{ MW} + (190 \text{ MW} - 30 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h} - ((0 \text{ MW} + 0 \text{ MW} + (0 \text{ MW} + 0 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h})}{(190 \text{ MW} + 190 \text{ MW} + (190 \text{ MW} - 30 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h}} = 100\%$$

- Fall 2: GT1 in Reparatur, GT2 Vollast, DT voll verfügbar

$$k_{\text{GuD}} = \frac{(190 \text{ MW} + 190 \text{ MW} + (190 \text{ MW} - 30 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h} - ((190 \text{ MW} + 0 + (0 \text{ MW} + 110 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h})}{(190 \text{ MW} + 190 \text{ MW} + (190 \text{ MW} - 30 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h}} = 44,4\%$$

- Fall 3: GT1 Vollast, GT2 Vollast, DT in Reparatur

$$k_{\text{GuD}} = \frac{(190 \text{ MW} + 190 \text{ MW} + (190 \text{ MW} - 30 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h} - ((0 \text{ MW} + 0 \text{ MW} + (190 \text{ MW} + 0 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h})}{(190 \text{ MW} + 190 \text{ MW} + (190 \text{ MW} - 30 \text{ MW})) \cdot 8 \text{ h}} = 64,8\%$$

- Fall 4: GT1 in Reparatur, GT2 in Reparatur, DT verfügbar

KGuD = 0, da Abhitzeessel ungefeuert

*) Ausfall DT = 0,5 ($P_N(DT)$ + $P_{Näqu}$)

Verfügbarkeit von Kombi-Kraftwerken

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{\sum_{i=1 \dots x} W_{N_{\text{Kombi},i}} - \sum_{i=1 \dots x} W_{nV_{\text{Kombi},i}}}{\sum_{i=1 \dots x} W_{N_{\text{Kombi},i}}} = \frac{(W_{N_{\text{Kohle}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr.}}}) - ((W_{nV_{\text{Kohle}}} - W_{\text{Stütz}}) + W_{nV_{\text{GT}}} + W_{nV_{\text{Kombi,korr.}}})}{W_{N_{\text{Kohle}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr.}}}}$$

K_{kombi} : Verfügbarkeit des Kombikraftwerkes

$W_{\text{Kombi},i}$: Anteil der Arbeit am Kombiprozess

$W_{N,i}$: Nennarbeitsanteil

W_{nV} : nicht verfügbare Arbeit

$W_{\text{Stütz}}$: durch Stützfeuer kompensierte Arbeit (z.B. Mühlenausfall)

W_{korr} : Korrektur für Gesamtprozess (z. B.: $P_{\text{Kombi}} = P_{\text{DT}} + P_{\text{GT}} \pm x^*$)

*) Zusatzleistung durch Nutzung der GT-Abwärme für Vorwärmung bei verfügbarem erhöhtem Schluckvermögen der DT; Minderleistung bei Dampfauskopplung für andere Prozesse

Beispiel: Steinkohlenkraftwerk

$$K_{\text{Kombi}} = \frac{(W_{N_{\text{Kohle}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr.}}}) - ((W_{nV_{\text{Kohle}}} - W_{\text{Stütz}}) + W_{nV_{\text{GT}}} + W_{nV_{\text{Kombi,korr.}}})}{W_{N_{\text{Kohle}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr.}}}}$$

(GT-Solobetrieb zulässig, Betrachtungszeitraum jeweils 8 h)

Nennleistungen (Leistungsäquivalent 1 Mühle: 75 MW):

Kohle: $P_N = 600 \text{ MW}$, $P_{N(\text{Kombi})} = 588 \text{ MW}$; $P_{N(\text{GT})} = 112 \text{ MW}$:

→ $P_{N, \text{korr.}} = -12 \text{ MW}$

– Fall 1: Kohleblock Vollast, GT-Reserve

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (0 + 0 + 0 + 0)}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 100\%$$

– Fall 2: Kohleblock Vollast, Kompensation 1 Mühle durch Gas, GT-Vollast

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (75\text{MW} - 75\text{MW} + 0 + 0) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 100\%$$

– Fall 3: GT in Reparatur, Kohleblock Vollast

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (0 - 0 + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 85,7\%$$

— Fall 4: Kohleblock Vollast, Ausfall 2 Mühlen (1 kompensiert), GT Vollast

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (150\text{MW} - 75\text{MW} + 0 + 0) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 89,3\%$$

Verfügbarkeit von Kraftwerken mit VGT (Vorschalt-Gasturbine)

$$k_{\text{VGT}} = \frac{\sum_{i=1 \dots x} W_{\text{NVGT},i} - \sum_{i=1 \dots x} W_{\text{nVGT},i}}{\sum_{i=1 \dots x} W_{\text{NVGT},i}}$$

$$= \frac{(W_{\text{NVGT},\text{Kohle}} + W_{\text{NVGT},\text{GT}} + W_{\text{NVGT},\text{korr.}}) - (W_{\text{nVGT},\text{Kohle}} + W_{\text{nVGT},\text{GT}} + W_{\text{nVGT},\text{korr.}})}{W_{\text{NVGT},\text{Kohle}} + W_{\text{NVGT},\text{GT}} + W_{\text{NVGT},\text{korr.}}}$$

k_{VGT} :	Verfügbarkeit des Kraftwerks mit Vorschalt-Gasturbine
W_{VGT} :	Arbeit des Kraftwerks mit Vorschalt-Gasturbine
W_{Bne} :	Betriebsarbeit, netto
W_{R} :	Bereitschaftsarbeit
W_{ng} :	nicht einsetzbare Arbeit (Außeneinfluss)
W_{VGT} :	Anteil der Arbeit am Kombiprozess
$W_{\text{N},i}$:	Nennarbeitsanteil
$W_{\text{korr.}}$:	Korrektur für Gesamtprozess (z.B.: $P = P_{\text{Kombi}} + P_{\text{GT}} \pm x$)

Beispiel: KW mit Vorschalt-Gasturbine

$$k_{\text{VGT}} = \frac{(W_{\text{NVGT},\text{Kohle}} + W_{\text{NVGT},\text{GT}} + W_{\text{NVGT},\text{korr.}}) - (W_{\text{nVGT},\text{Kohle}} + W_{\text{nVGT},\text{GT}} + W_{\text{nVGT},\text{korr.}})}{W_{\text{NVGT},\text{Kohle}} + W_{\text{NVGT},\text{GT}} + W_{\text{NVGT},\text{korr.}}}$$

(GT-Solobetrieb zulässig, Betrachtungszeitraum jeweils 8 h)

Nennleistungen: $P_{\text{N}}(\text{Kohle}) = 600 \text{ MW}$, $P_{\text{N}}(\text{VGT}) = 200 \text{ MW}$, $P_{\text{N},\text{korr.}} = 80 \text{ MW}$

— Fall 1: VGT Volllast, Kohleblock Volllast

$$k_{\text{VGT}} = 100 \%$$

— Fall 2: VGT Reserve, Kohleblock Volllast

$$k_{\text{VGT}} = 100 \%$$

— Fall 3: VGT in Reparatur, Kohleblock Volllast

$$k_{\text{VGT}} = \frac{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h} - (0\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}} = 68,2\%$$

— Fall 4: VGT Volllast, Kohleblock Kesselschaden

$$k_{\text{VGT}} = \frac{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h} - (600\text{MW} + 0\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}} = 22,7\%$$

Berechnungsmethoden

Berechnung des Kennwertes „Arbeitsverfügbarkeit“

Die Kenngröße „Arbeitsverfügbarkeit“ gibt an, wie viel elektrische Energie eine Anlage unter Berücksichtigung von technischen Leistungseinschränkungen hätte erzeugen können, bezogen auf einen durchgehenden Volllastbetrieb. Es ist ein theoretischer Wert, der den realen Einsatz nicht berücksichtigt. Definiert ist der Kennwert als

$$k_w = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N} = 1 - \frac{\sum W_{nv}}{W_N}$$

Anmerkung 1: Der Kennwert „Zeitverfügbarkeit“ ist ein Spezialfall der „Arbeitsverfügbarkeit“. Zeitverfügbarkeit berücksichtigt nur Ausfälle mit Nennleistung, nicht hingegen Teillastausfälle. Damit muss der Kennwert Arbeitsverfügbarkeit immer kleiner oder gleich der Zeitverfügbarkeit sein.

Anmerkung 2: Der Kennwert „Beanspruchbarkeit“ ist vom Prinzip identisch mit der „Arbeitsverfügbarkeit“. Beanspruchbarkeit berücksichtigt aber zusätzlich auch Leistungseinschränkungen aufgrund externer Einflüsse. Der Term „NV-Arbeit“ (W_{nv}) plus „Außeneinflussarbeit“ (W_{ns}) wird zusammengefasst zur „nicht beanspruchbaren Energiemenge“. Damit muss der Kennwert Beanspruchbarkeit immer kleiner oder gleich der Arbeitsverfügbarkeit sein.

Spezialfälle:

1) Leistungserhöhung während der Betrachtungszeit

Für die Berechnung der Arbeitsmengen (W_N oder W_{nv}) wird die Betrachtungszeit unterteilt in die Zeitabschnitte, in denen die unterschiedlichen Nennleistungen gelten. Die Nennarbeit oder NV-Arbeit ergibt sich als Summe über die jeweiligen Arbeitsmengen der einzelnen Zeitbereiche. Für die Nennarbeit (Nenner) ist die Formel als Summe der Nennarbeiten in den Zeitabschnitten dargestellt (Bestimmung der NV-Arbeit erfolgt analog):

$$W_N = \sum W_{N,i} = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i}$$

mit i = Zeitabschnitte unterschiedlicher Nennleistung

2) Zeiten vor oder nach der Betriebsphase (kommerzieller Betrieb) oder während Kaltreserve

Prinzipiell ist es nicht sinnvoll, Kennzahlen über Zeiträume zu erheben, in denen eine Anlage noch nicht in Betrieb genommen wurde oder bereits stillgelegt worden ist. Es gibt jedoch Fälle, in denen eine solche Berechnung zweckmäßig ist. Zum Beispiel kann ein solcher Fall auftreten bei der Aggregation von Kennzahlen über mehrere Anlagen.

Vom Prinzip ändert sich an der Berechnung der Kennzahl nichts. Korrekt ist es, diese Zeiträume auszublenden. Die Blöcke können für die Modellierung von Rechenroutinen auf unterschiedliche Weise zeitweise ausgeblendet werden. Denkbar sind für diese Modellierung das Ausblenden von Zeitabschnitten oder die Anpassung der Leistung. Der Kennwert ändert sich durch die Berücksichtigung dieser besonderen Zeiträume nicht, weil die entsprechenden Arbeitsmengen als Produkt aus Zeit und Leistung in die Berechnung für diese Zeiträume in beiden Fällen mit 0 MWh einfließen und damit keine Auswirkung haben. Es muss bei einer eventuellen Kommunikation streng auf die konstant bleibende Nennleistung geachtet werden. Dies ist z. B. für Netzsicherheitsrechnungen oder die prinzipielle Möglichkeit am Strommarkt zu partizipieren erforderlich.

Eine Prozentangabe enthält eine Aussage immer in Kombination mit der Bezugsgröße. Solange die Bezugsgröße immer konstant ist und damit bei Vergleichen nur begrenzten Informationsgehalt enthält, kann die Angabe der Bezugsgröße entfallen.

Vom Prinzip gibt die Multiplikation Arbeitsverfügbarkeit mit der Nennarbeit die verfügbare Arbeit im Berichtszeitraum an. Diese Größe kann interpretiert werden als mittlere verfügbare Leistung über den gesamten Betrachtungszeitraum oder als Nennleistung mit einer mittleren, prozentualen Verfügbarkeitszeit.

Umfasst die Berichtszeit auch Zeiträume außerhalb der Betriebsphase, bleibt die Arbeit wie auch der Kennwert der Arbeitsverfügbarkeit konstant, auch wenn die Zeitspanne weiter vergrößert wird. Es liegt nahe, die mittlere Leistung durch Division der Arbeit durch den Betrachtungszeitraum zu errechnen. Die mittlere verfügbare Leistung reduziert sich bei Berücksichtigung von Zeiten außerhalb der Betriebsphase.

3) Aggregation der Kennzahl über mehrere Anlage

Die Formel zur Berechnung der Arbeitsverfügbarkeit über die Arbeitsmengen lässt sich nicht nur auf eine Anlage anwenden, sondern auch zur Aggregation mehrerer Anlagen nutzen. Die entsprechenden Arbeitsmengen aller Anlagen werden in den Termen Nennarbeit bzw. Summe aller NV-Arbeiten berücksichtigt.

Die Berechnung der aggregierten Arbeitsverfügbarkeit mehrerer Anlagen muss bei Verwendung der fertig berechneten Arbeitsverfügbarkeiten der einzelnen Anlagen

gewichtet erfolgen. Die Gewichtung erfolgt mit der mittleren Nennleistung der Anlagen. Vom Prinzip handelt es sich um eine Gewichtung mit den jeweiligen Nennarbeiten. Der Betrachtungszeitraum ist aber identisch, sodass sich die Betrachtungszeit weg kürzt und die mittlere Nennleistung übrig bleibt.

Nachfolgend ist ausgehend von der allgemeinen Formel die Zurückführung auf die Gewichtung der Kennzahlen für die Einzelanlage (Index i) mit deren mittleren Nennleistung abgeleitet. Der Einfachheit halber wird die NV-Arbeit der einzelnen Anlagen bereits zusammengefasst als $W_{nv,i}$ verwendet und nicht als Summe über die Einzelergebnisse.

$$\begin{aligned}
 \bar{k}_w &= \frac{W_N - W_{nv}}{W_N} = \frac{\sum W_{N,i} - \sum W_{nv,i}}{\sum W_{N,i}} = \frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot \left(\frac{\sum W_{N,i} - \sum W_{nv,i}}{1} \right) = \frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot \sum \left(\frac{W_{N,i} - W_{nv,i}}{1} \right) \\
 &= \frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot \sum \left(\left(\frac{W_{N,i} - W_{nv,i}}{W_{N,i}} \right) \cdot W_{N,i} \right) = \sum \left(\frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot (k_{w,i} \cdot W_{N,i}) \right) = \sum \left(\frac{W_{N,i}}{\sum W_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right) \\
 &= \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i} \cdot t_N}{\sum \bar{P}_{N,i} \cdot t_N} \cdot k_{w,i} \right) = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right) \quad \text{mit} \quad k_{w,i} = \frac{W_{N,i} - W_{nv,i}}{W_{N,i}} \quad \text{und} \quad \bar{P}_{N,i} = \frac{W_{N,i}}{t_N}
 \end{aligned}$$

Bei Änderungen der Nennleistungen während des Betrachtungszeitraums muss die gemittelte Nennleistung der Anlage verwendet werden. Die Betrachtungszeit t_N ist für alle Anlagen, deren Kennwerte aggregiert werden sollen, gleich.

$$\bar{k}_w = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right)$$

Beispiele bei der Berechnung vom Kennwert „Zeitverfügbarkeit“

Bei den nachfolgenden Beispielen wurden zum besseren Verständnis einfache Zahlenwerte verwendet, die nur begrenzt realistisch sind. Hier stehen die Vorgehensweisen und Berechnungen im Fokus und die Berechnungen sind im Kopf leichter nachvollziehbar.

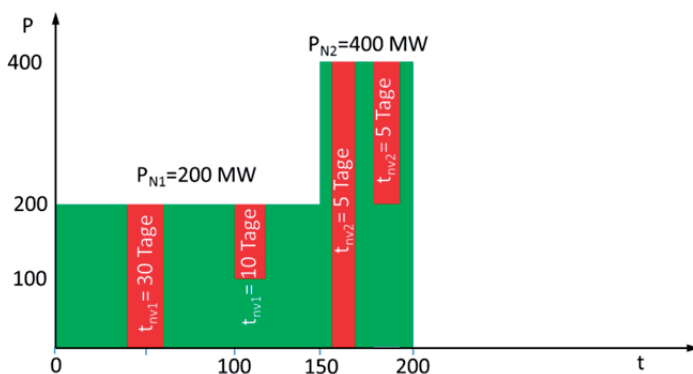
Im ersten Beispiel wird eine Anlage betrachtet, bei der eine Leistungserhöhung während der Betrachtungsdauer erfolgt. Für das Beispiel zur Aggregation zweier Anlagen wurde der Nennleistungsverlauf des ersten Beispiels zerlegt in zwei getrennte Leistungsverläufe „zweier“ Anlagen: Eine Anlage ist durchgehend in Betrieb inklusive kleiner Leistungserhöhung. Die zweite Anlage wird während der Betrachtungsdauer in Betrieb genommen. Die Aggregation beider Anlagen muss das bekannte Ergebnis des ersten Beispiels ergeben. Zum eigenständigen Ausprobieren kann die Leistungskennlinie des ersten Beispiels auch anders zerlegt werden, um mehrere andere Anlagen zu simulieren.

Beispiel 1a: Leistungserhöhung während Laufzeit

Betrachtungszeitraum: 200 Tage

Nennleistung $P_{N,1} = 200 \text{ MW}$ für $0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
 $P_{N,2} = 400 \text{ MW}$ für $150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$

Ausfallzeit $t_{nv,1} = 30 \text{ Tage}$ $P_{nv} = 200 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt $0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
 $t_{nv,1} = 10 \text{ Tage}$ $P_{nv} = 100 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt $0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
 $t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$ $P_{nv} = 400 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt $150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
 $t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$ $P_{nv} = 200 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt $150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$



$$k_w = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 240 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 200 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 240.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 240.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 80,000 \%$$

$$\text{Mittlere Nennleistung: } \bar{P}_N = 250 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

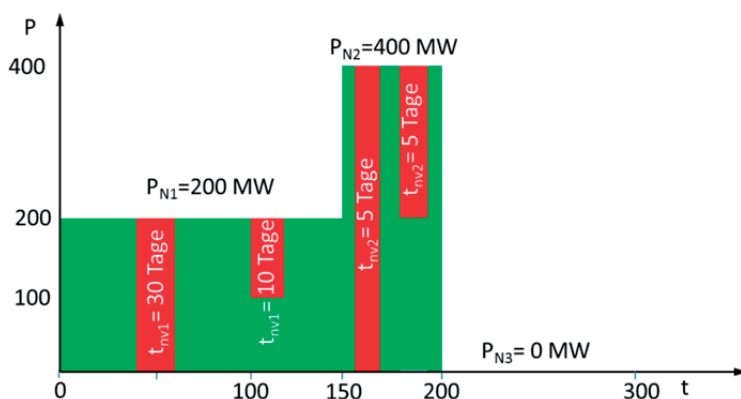
$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_w = 200 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 80,000 \%$$

Beispiel 1b: Leistungserhöhung und Betrachtungszeitraum über Stilllegung hinaus

Betrachtungszeitraum: 300 Tage

Nennleistung	$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,2} = 400 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
	$P_{N,3} = 0 \text{ MW}$	für	$200 \text{ Tage} < t$

Ausfallzeit	$t_{nv,1} = 30 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 200 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,1} = 10 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 100 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 400 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 200 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200$
	$t_{nv,3} = 0 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 0 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$200 \text{ Tage} < t$



$$k_w = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 400\text{MW} \cdot 1.200\text{h} + 0\text{MW} \cdot 2.400\text{h} = 1.200.000\text{MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200\text{MW} \cdot 720\text{h} + 100\text{MW} \cdot 240\text{h} + 400\text{MW} \cdot 120\text{h} + 200\text{MW} \cdot 120\text{h} = 240.000\text{MWh}$$

$$k_w = \frac{1.200.000\text{MWh} - 240.000\text{MWh}}{1.200.000\text{MWh}} = 80,000\%$$

Mittlere Nennleistung:

$$\bar{P}_N = 166,67\text{MW} = \frac{200\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 400\text{MW} \cdot 1.200\text{h} + 0\text{MW} \cdot 2.400\text{h}}{3.600\text{h} + 1.200\text{h} + 2.400\text{h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_w = 133,33\text{MW} = 166,67\text{MW} \cdot 80,000\%$$

Aggregation von 2 Anlagen

Betrachtungszeitraum: 200 Tage

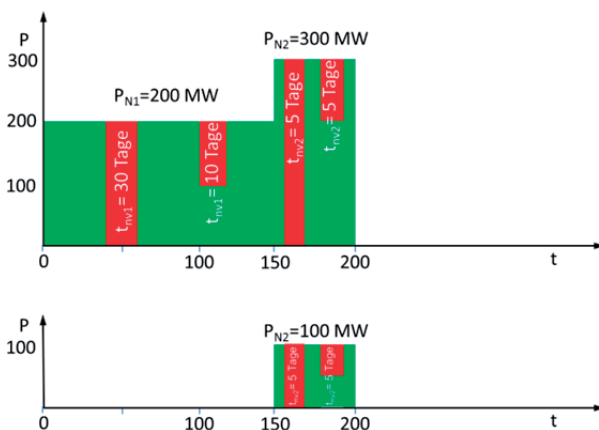
Anlage 1 (mit Leistungserhöhung)

Nennleistung	$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,1} = 300 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$

Ausfallzeit	$t_{nv,1a} = 30 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 200 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,1b} = 10 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 100 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2a} = 5 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 300 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2b} = 5 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 150 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$

Anlage 2 (Inbetriebnahme)

Nennleistung	$P_{N,2} = 0 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,2} = 100 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
Ausfallzeit	$t_{nv,2a} = 5 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 100 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2b} = 5 \text{ Tage}$	$P_{nv} = 50 \text{ MW}$ im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

Anlage 1

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.080.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 240 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 150 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 222.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{1.080.000 \text{ MWh} - 222.000 \text{ MWh}}{1.080.000 \text{ MWh}} = 79,444 \%$$

$$\text{Mittlere Nennleistung: } \bar{P}_N = 225,00 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_w = 178,750 \text{ MW} = 225,00 \text{ MW} \cdot 79,444 \%$$

Anlage 2

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 120.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 100 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h d} + 50 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h d} = 18.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{120.000 \text{ MWh} - 18.000 \text{ MWh}}{120.000 \text{ MWh}} = 85,000 \%$$

$$\text{Mittlere Nennleistung: } \bar{P}_N = 25,00 \text{ MW} = \frac{0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_w = 21,250 \text{ MW} = 25,00 \text{ MW} \cdot 85,000 \%$$

Aggregierter Kennwert Zeitverfügbarkeit für beide Anlagen

Leistungsgewichtung der einzelnen Anlagenkennzahlen mit den mittleren Nennleistungen:

$$\bar{k}_w = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right)$$

$$\bar{k}_t = \frac{225 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,79444 + \frac{25 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,8500 = 80,000 \%$$

Mittlere Leistung aus beiden Anlagen: = 250 MW

$$\begin{aligned} \bar{P}_N &= 250 \text{ MW} = 225 \text{ MW} + 25 \text{ MW} \\ &= \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} + \frac{0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} \end{aligned}$$

Mittlere zeitverfügbare Leistung:

$$P = \bar{P}_N \cdot \bar{k}_w = 200 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 80,000 \%$$

Schlussfolgerung

Die Arbeitsverfügbarkeit einer Anlage wird gemäß der Definition aus der Nennarbeit und der technisch bedingten nicht verfügbaren Arbeit errechnet.

Ändert sich die Nennleistung während des Betrachtungszeitraums in einer Anlage, so muss auf die Berechnungsformel mit Energiemengen zurückgegriffen werden. Bei den Energiemengen werden der Betrachtungszeitraum in die Zeitabschnitte mit unterschiedlichen Nennleistungen unterteilt und die jeweiligen Energiemengen berechnet. Zeiten vor Inbetriebnahme oder nach Stilllegung müssten ausgeblendet werden. Für Rechenroutinen ist es äquivalent, die Nennleistung während dieser Zeiten auf Null zu setzen.

Nach den aktuellen VGB-Regeln zur Kennzahlenerhebung werden Anlagen in Kaltreserve in der Statistik nicht mehr berücksichtigt. Diese Zeiten werden in der Berechnung entweder nicht berücksichtigt oder die Nennleistung wird gemäß obigen Ausführungen zu Null gesetzt.

Die Aggregation der Arbeitsverfügbarkeit für mehrere Anlagen ist möglich:

Verwendet man die fertig berechneten Kennwerte, so muss die Aggregation über eine Leistungsgewichtung erfolgen. Die Gewichtung erfolgt über die Nennleistung der einzelnen Anlagen, die normalerweise konstant ist. Ändert sich die Nennleistung einer einzelnen Anlage im Betrachtungszeitraum, so muss deren gemittelte Nennleistung verwendet werden.

Alternativ kann die Ausgangsformel mit Arbeitsmengen verwendet werden. Dann müssen die Energiemengen aller zu aggregierenden Anlagen aufsummiert und eingegeben werden.

Anmerkung

Die Aggregation der Arbeitsverfügbarkeit über mehrere Anlagen erfolgt unter Verwendung vorhandener Ausgangsdaten zu Energiemengen wie folgt:

$$\bar{k}_w = \frac{\sum W_N - \sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} W_{nv,i,k}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum W_{nv}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} P_{nv,i,k} \cdot t_{nv,i,k}}{\sum_{\text{Anlage } i} W_{N,i}}$$

mit i = Anlage i
 i, k = Anlage i , Ereignis k

Die Aggregation der Arbeitsverfügbarkeit über mehrere Anlagen erfolgt leistungsgewichtet unter Verwendung fertig berechneter Kennwerte für die Einzelanlagen:

$$\bar{k}_w = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right)$$

Als Nennleistung muss für jede Anlage die gemittelte Nennleistung im Betrachtungszeitraum verwendet werden. Üblicherweise ist diese konstant. Änderungen könnten Leistungserhöhungen oder Zeiten vor Inbetriebnahme, nach Stilllegung oder während Kaltreserve sein.

Berechnung des Kennwertes „Zeitverfügbarkeit“

Der Kennwert „Zeitverfügbarkeit“ ist ein Spezialfall des Kennwertes „Arbeitsverfügbarkeit“. Es werden nur Ereignisse betrachtet, bei denen die komplette Leistung, d. h. die Nennleistung, nicht zur Verfügung steht. Der Kennwert „Arbeitsverfügbarkeit“ berücksichtigt darüber hinaus aber auch Ausfälle, bei denen Teilleistungen nicht verfügbar sind.

Ableitung der Zeitverfügbarkeit als Spezialfall der Arbeitsverfügbarkeit:

Ausgehend von der Definition der Arbeitsverfügbarkeit wird durch Umformung der Arbeit in Nennleistung und Zeitdauer die Formel für die Zeitverfügbarkeit hergeleitet:

$$k_t = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N} = \frac{P_N \cdot t_N - \sum P_N \cdot t_{nv}}{P_N \cdot t_N} = \frac{P_N \cdot t_N - P_N \cdot \sum t_{nv}}{P_N \cdot t_N} = \frac{P_N \cdot (t_N - \sum t_{nv})}{P_N \cdot t_N} = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} \quad \text{mit}$$

Ausfalleistung immer $P_{nv} = P_N$ und $W_N = P_N \cdot t_N$

Anmerkung: Bei beiden Kennwerten „Zeit-“ und „Arbeitsverfügbarkeit“ steht bei dieser Umformung derselbe Nenner. Unterschiede ergeben sich im Zähler. Bei der Arbeitsverfügbarkeit ist die nicht verfügbare Arbeit (NV-Arbeit) wegen der zusätzlich berücksichtigten Teilausfälle immer größer oder gleich der NV-Arbeit bei Zeitverfügbarkeit. Damit muss der Kennwert „Arbeitsverfügbarkeit“ immer kleiner oder gleich dem Kennwert „Zeitverfügbarkeit“ sein.

Spezialfälle:

1) Leistungserhöhung während der Betrachtungszeit

Für die Berechnung der Arbeitsmengen (W_N oder W_{nv}) wird die Betrachtungszeit unterteilt in die Zeitabschnitte, in denen die unterschiedlichen Nennleistungen gelten. Die Nennarbeit oder NV-Arbeit ergibt sich als Summe über die jeweiligen Arbeitsmengen der einzelnen Zeitbereiche. Für die Nennarbeit (Nenner) ist die Formel als Summe der Nennarbeiten in den Zeitabschnitten dargestellt (Bestimmung der NV-Arbeit erfolgt analog):

$$W_N = \sum W_{N,i} = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i}$$

mit i = Zeitabschnitte unterschiedlicher Nennleistung

2) Zeiten vor oder nach der Betriebsphase (kommerzieller Betrieb) oder während Kaltreserve

Prinzipiell ist es nicht sinnvoll, Kennzahlen über Zeiträume zu erheben, in denen eine Anlage noch nicht in Betrieb genommen wurde oder bereits stillgelegt worden ist. Es gibt jedoch Fälle, in denen eine solche Berechnung zweckmäßig ist. Zum Beispiel kann ein solcher Fall auftreten bei der Aggregation von Kennzahlen über mehrere Anlagen.

Vom Prinzip ändert sich an der Berechnung der Kennzahl nichts. Korrekt ist es, diese Zeiträume auszublenden. Die Blöcke können für die Modellierung von Rechenroutinen auf unterschiedliche Weise zeitweise ausgeblendet werden. Denkbar sind für diese Modellierung das Ausblenden von Zeitabschnitten oder die Anpassung der Leistung. Der Kennwert ändert sich durch die Berücksichtigung dieser besonderen Zeiträume nicht, weil die entsprechenden Arbeitsmengen als Produkt aus Zeit und Leistung in die Berechnung für diese Zeiträume in beiden Fällen mit 0 MWh einfließen und damit keine Auswirkung haben. Es muss bei einer eventuellen Kommunikation streng auf die konstant bleibende Nennleistung geachtet werden. Dies ist z. B. für Netzsicherheitsrechnungen oder die prinzipielle Möglichkeit am Strommarkt zu partizipieren erforderlich.

Eine Prozentangabe enthält eine Aussage immer in Kombination mit der Bezugsgröße. Solange die Bezugsgröße immer konstant ist und damit bei Vergleichen nur begrenzten Informationsgehalt enthält, kann die Angabe der Bezugsgröße entfallen.

Vom Prinzip gibt die Multiplikation Zeitverfügbarkeit mit der Nennarbeit die verfügbare Arbeit im Berichtszeitraum an. Diese Größe kann interpretiert werden als mittlere verfügbare Leistung über den gesamten Betrachtungszeitraum oder als Nennleistung mit einer mittleren, prozentualen Verfügbarkeitszeit.

Umfasst die Berichtszeit auch Zeiträume außerhalb der Betriebsphase, bleibt die Arbeit wie auch der Kennwert der Zeitverfügbarkeit konstant, auch wenn die Zeitspanne weiter vergrößert wird. Es liegt nahe, die mittlere Leistung durch Division der Arbeit durch den Betrachtungszeitraum zu errechnen. Die mittlere verfügbare Leistung reduziert sich bei Berücksichtigung von Zeiten außerhalb der Betriebsphase.

3) Aggregation der Kennzahl über mehrere Anlage

Die Formel zur Berechnung der Zeitverfügbarkeit über die Arbeitsmengen lässt sich nicht nur auf eine Anlage anwenden, sondern auch zur Aggregation mehrerer Anlagen nutzen. Die entsprechenden Arbeitsmengen aller Anlagen werden in den Termen Nennarbeit bzw. Summe aller NV-Arbeiten berücksichtigt.

Für die aggregierte Berechnung der Zeitverfügbarkeit mehrerer Anlagen muss bei Verwendung der Formel, die nur Zeitangaben enthält, eine **Leistungsgewichtung** aller einzelnen Anlagen stattfinden. Nachfolgend ist dies abgeleitet für 2 Anlagen (Index i), ausgehend von der Berechnungsformel mit Arbeitsmengen. Der Einfachheit halber ist nicht die Summe der NV-Zeiten mit Summenzeichen, sondern nur die gesamte NV-Zeit einer Anlage i mit „ $t_{nv,i}$ “ ausgewiesen. Als Letztes sind die Zeitverfügbarkeiten der Einzelanlagen $k_{t,i}$ mit einem Vorfaktor dargestellt, der die Leistungsgewichtung enthält.

$$\begin{aligned}
 k_t &= \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N} = \frac{W_{N,1} + W_{N,2} - W_{nv,1} - W_{nv,2}}{W_{N,1} + W_{N,2}} = \frac{W_{N,1} - W_{nv,1} + W_{N,2} - W_{nv,2}}{W_{N,1} + W_{N,2}} = \\
 &= \frac{(P_{N,1} \cdot t_N - P_N \cdot t_{nv,1}) + (P_{N,2} \cdot t_N - P_N \cdot t_{nv,2})}{(P_{N,1} \cdot t_N + P_{N,2} \cdot t_N)} = \frac{P_{N,1}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot \frac{t_N - t_{nv,1}}{t_N} + \frac{P_{N,2}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot \frac{t_N - t_{nv,2}}{t_N} = \\
 &= \frac{P_{N,1}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot k_{t,1} + \frac{P_{N,2}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot k_{t,2}
 \end{aligned}$$

In diesem Beispiel sind die Nennleistungen im Betrachtungszeitraum konstant.

Bei Änderungen der Nennleistungen während des Betrachtungszeitraums muss die gemittelte Nennleistung der Anlage verwendet werden:

$$\bar{k}_t = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{t,i} \right)$$

Beispiele für die Berechnung des Kennwertes „Zeitverfügbarkeit“

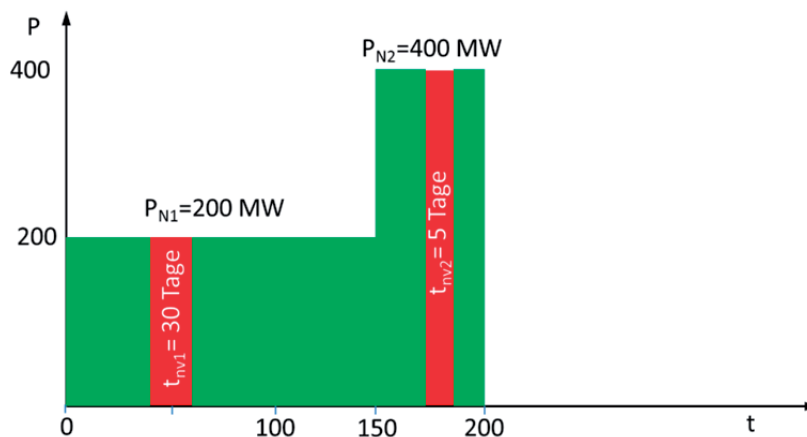
Bei den nachfolgenden Beispielen wurden zum besseren Verständnis einfache Zahlenwerte verwendet, die nur begrenzt realistisch sind. Hier stehen die Vorgehensweisen und Berechnungen im Fokus und die Berechnungen sind im Kopf leichter nachvollziehbar.

Im ersten Beispiel wird eine Anlage betrachtet, bei der eine Leistungserhöhung während der Betrachtungsdauer erfolgt. Für das Beispiel zur Aggregation zweier Anlagen wurde der Nennleistungsverlauf des ersten Beispiels zerlegt in zwei getrennte Leistungsverläufe „zweier“ Anlagen: Eine Anlage ist durchgehend in Betrieb inklusive kleiner Leistungserhöhung. Die zweite Anlage wird während der Betrachtungsdauer in Betrieb genommen. Die Aggregation beider Anlagen muss das bekannte Ergebnis des ersten Beispiels ergeben. Zum eigenständigen Ausprobieren kann die Leistungskennlinie des ersten Beispiels auch anders zerlegt werden, um mehrere andere Anlagen zu simulieren.

Beispiel 1a: Leistungserhöhung während Laufzeit:

Betrachtungszeitraum: 200 Tage

Nennleistung	$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,2} = 400 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
Ausfallzeit	$t_{nv,1} = 30 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 192.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 192.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 84,000 \%$$

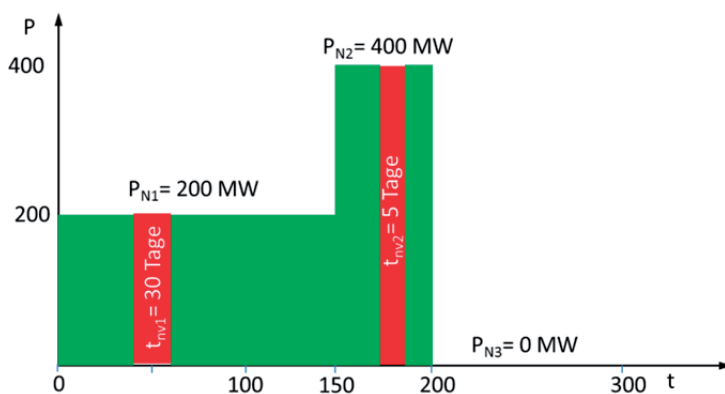
$$\text{Mittlere Nennleistung: } \bar{P}_N = 250 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_t = 210 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 84,000 \%$$

Beispiel 1b: Leistungserhöhung und Betrachtungszeitraum über Stilllegung hinaus

Betrachtungszeitraum: 300 Tage

Nennleistung	$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,2} = 400 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
	$P_{N,3} = 0 \text{ MW}$	für	$200 \text{ Tage} < t$
Ausfallzeit	$t_{nv,1} = 30 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
	$t_{nv,3} = 0 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$200 \text{ Tage} < t$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 2.400 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 0 \text{ d} = 192.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 192.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 84,000 \%$$

Mittlere Nennleistung:

$$\bar{P}_N = 166,67 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 2.400 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h} + 2.400 \text{ h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_t = 140,00 \text{ MW} = 166,67 \text{ MW} \cdot 84,000 \%$$

Aggregation von 2 Anlagen

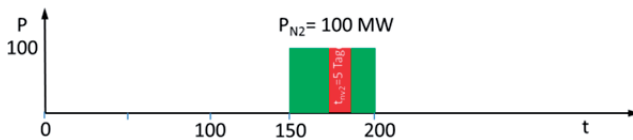
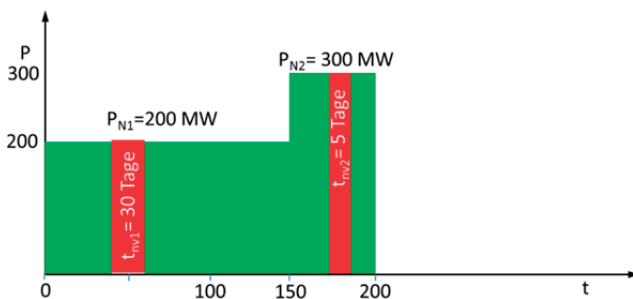
Betrachtungszeitraum: 200 Tage

Anlage 1 (mit Leistungserhöhung)

Nennleistung	$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,1} = 300 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
Ausfallzeit	$t_{nv,1a} = 30 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$t_{nv,1b} = 5 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$

Anlage 2 (Inbetriebnahme)

Nennleistung	$P_{N,2} = 0 \text{ MW}$	für	$0 \text{ Tage} < t \leq 150 \text{ Tage}$
	$P_{N,2} = 100 \text{ MW}$	für	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$
Ausfallzeit	$t_{nv,2} = 5 \text{ Tage}$	im Zeitabschnitt	$150 \text{ Tage} < t \leq 200 \text{ Tage}$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

Anlage 1

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.080.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 180.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{1.080.000 \text{ MWh} - 180.000 \text{ MWh}}{1.080.000 \text{ MWh}} = 83,333 \%$$

$$\text{Mittlere Nennleistung: } \bar{P}_N = 225,00 \text{ MW} = \frac{200\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 300\text{MW} \cdot 1.200\text{h}}{3.600\text{h} + 1.200\text{h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_t = 187,500 \text{ MW} = 225,00 \text{ MW} \cdot 83,333 \%$$

Anlage 2

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 120.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 100 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 12.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{120.000 \text{ MWh} - 12.000 \text{ MWh}}{120.000 \text{ MWh}} = 90,000 \%$$

$$\text{Mittlere Nennleistung: } \bar{P}_N = 25,00 \text{ MW} = \frac{0\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 100\text{MW} \cdot 1.200\text{h}}{3.600\text{h} + 1.200\text{h}}$$

$$\text{Mittlere zeitverfügbare Leistung: } P = \bar{P}_N \cdot k_t = 22,500 \text{ MW} = 25,00 \text{ MW} \cdot 90,000 \%$$

Aggregierter Kennwert Zeitverfügbarkeit für beide Anlagen

Leistungsgewichtung der einzelnen Anlagenkennzahlen mit den mittleren Nennleistungen:

$$\bar{k}_t = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{t,i} \right)$$

$$\bar{k}_t = \frac{225 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,8333 + \frac{25 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,9 = 84,000 \%$$

Mittlere Leistung aus beiden Anlagen: = 250 MW

$$\begin{aligned} \bar{P}_N &= 250 \text{ MW} = 225 \text{ MW} + 25 \text{ MW} \\ &= \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} + \frac{0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} \end{aligned}$$

Mittlere zeitverfügbare Leistung:

$$P = \bar{P}_N \cdot \bar{k}_t = 210 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 84,000 \%$$

Schlussfolgerung

Der Kennwert „Zeitverfügbarkeit“ ist ein Spezialfall des Kennwertes „Arbeitsverfügbarkeit“, bei dem nur 100%-Ausfälle berücksichtigt werden. In der genauen Berechnungsformel über Energiemengen kürzt sich die Nennleistung raus, wenn sie konstant ist. Übrig bleibt eine Formel nur mit Zeitangaben.

Ändert sich die Nennleistung während des Betrachtungszeitraums in einer Anlage, so muss auf die Berechnungsformel mit Energiemengen zurückgegriffen werden. Bei den Energiemengen wird der Betrachtungszeitraum in die Zeitabschnitte mit unterschiedlichen Nennleistungen unterteilt und die jeweiligen Energiemengen berechnet. Zeiten vor Inbetriebnahme oder nach Stilllegung müssten ausgeblendet werden. Für Rechenroutinen ist es äquivalent, die Nennleistung während dieser Zeiten auf null zu setzen.

Nach den aktuellen VGB-Regeln zur Kennzahlenerhebung werden Anlagen in Kaltreserve in der Statistik nicht mehr berücksichtigt. Diese Zeiten werden in der Berechnung entweder nicht berücksichtigt oder die Nennleistung wird gemäß obigen Ausführungen zu null gesetzt.

Die Aggregation der Zeitverfügbarkeit für mehrere Anlagen ist möglich:

Verwendet man die fertig berechneten Kennwerte, so muss die Aggregation über eine Leistungsgewichtung erfolgen. Die Gewichtung erfolgt über die Nennleistung der einzelnen Anlagen, die normalerweise konstant sind. Ändert sich im Betrachtungszeitraum die Nennleistung einer einzelnen Anlage, so muss deren gemittelte Nennleistung verwendet werden.

Alternativ kann die Ausgangsformel mit Energiemengen verwendet werden. Dann müssen die Energiemengen aller zu aggregierenden Anlagen aufsummiert und eingegeben werden.

Anmerkung

Die Aggregation der Zeitverfügbarkeit über mehrere Anlagen erfolgt unter Verwendung vorhandener Ausgangsdaten zu Energiemengen wie folgt:

$$\bar{k}_t = \frac{\sum W_N - \sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} W_{nv,i,k}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum W_{nv}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} P_{N,i} \cdot t_{nv,i,k}}{\sum_{\text{Anlage } i} W_{N,i}}$$

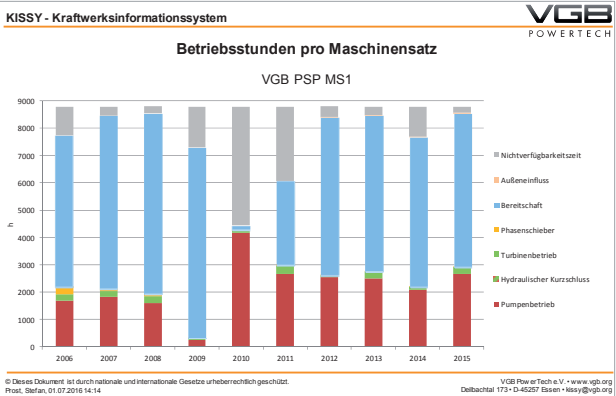
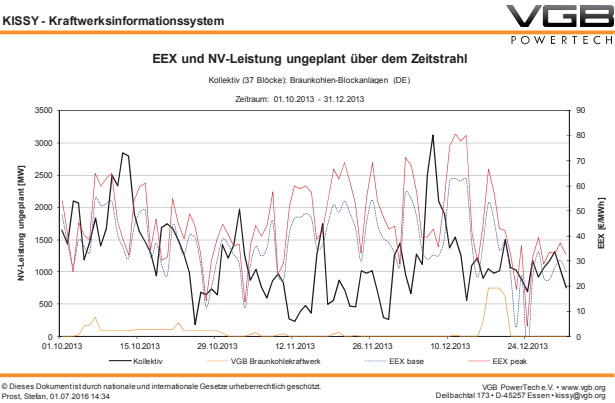
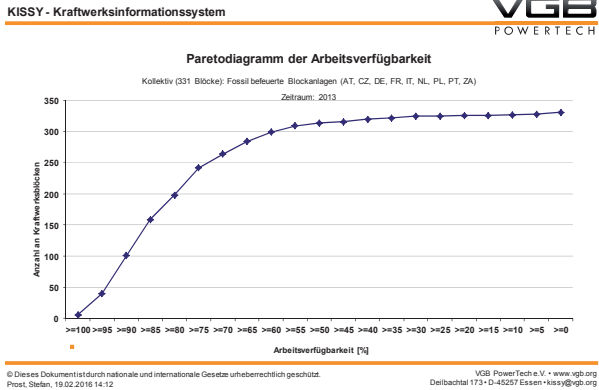
mit i = Anlage i
 i, k = Anlage i , Ereignis k

Die Aggregation der Zeitverfügbarkeit über mehrere Anlagen erfolgt leistungsgewichtet unter Verwendung fertig berechneter Kennwerte für die Einzelanlagen:

$$\bar{k}_t = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{t,i} \right)$$

Als Nennleistung muss für jede Anlage die gemittelte Nennleistung im Betrachtungszeitraum verwendet werden. Üblicherweise ist diese konstant. Änderungen könnten Leistungserhöhungen oder Zeiten vor Inbetriebnahme, nach Stilllegung oder während Kaltreserve sein.

Beispielauswertungen



Möglichkeiten welche Auswertungen aus KISSY generiert werden können

