

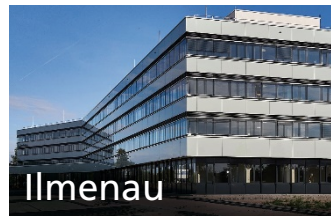
INSTITUTSTEIL ANGEWANDTE SYSTEMTECHNIK (AST) FRAUNHOFER IOSB

Verteilernetzverbund mittels Gleichstromübertragungs-Technologie
(VNB-DC)



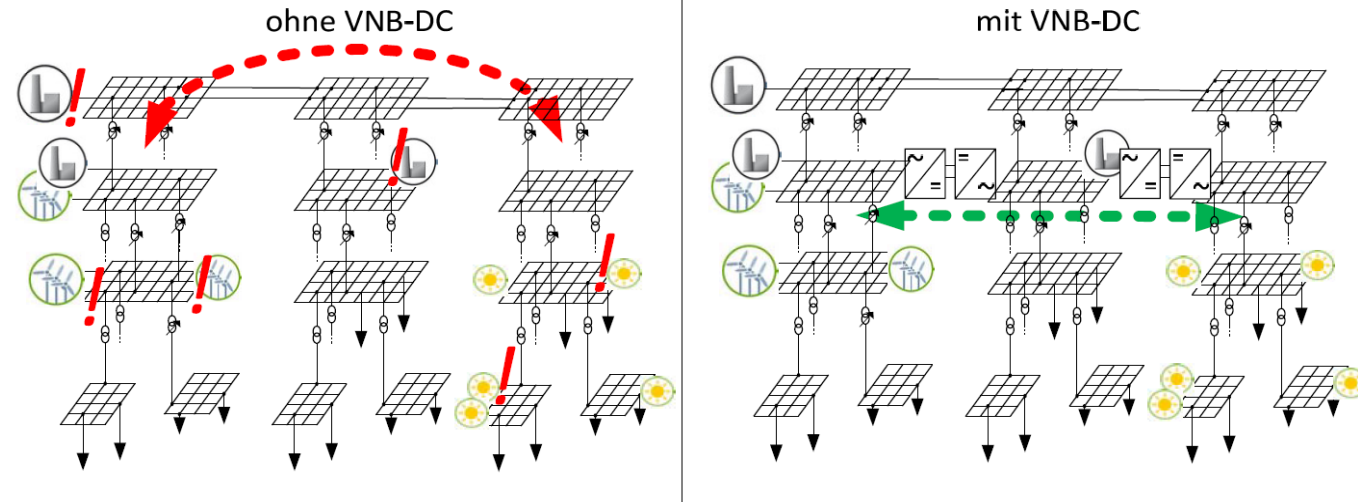
Ökonomische Bewertung der DC Verteilnetzkopplung
Gesamtergebnisse (Kurzfassung)

28.02.2021



Thema und Zielsetzungen des Vorhabens

Verbessert der Verteilernetzverbund mit DC den Netzbetrieb?



Thema: Verteilernetzverbund mittels Gleichstromübertragungstechnologie (VNB-DC)

- Entlastung der Kuppelstellen zum Übertragungsnetz
- reduzierte Netzverluste
- Reduzierung der Netzgefährdung
- Gesamtsystemkosten senken

Zielsetzung: Methoden und Konzepte für

- Betriebsführung
- Anlagentechnologie
- Netzführungstechnologie

Wirtschaftliche Betrachtung DC-Kopplung

Priorisierung von Anwendungsfällen



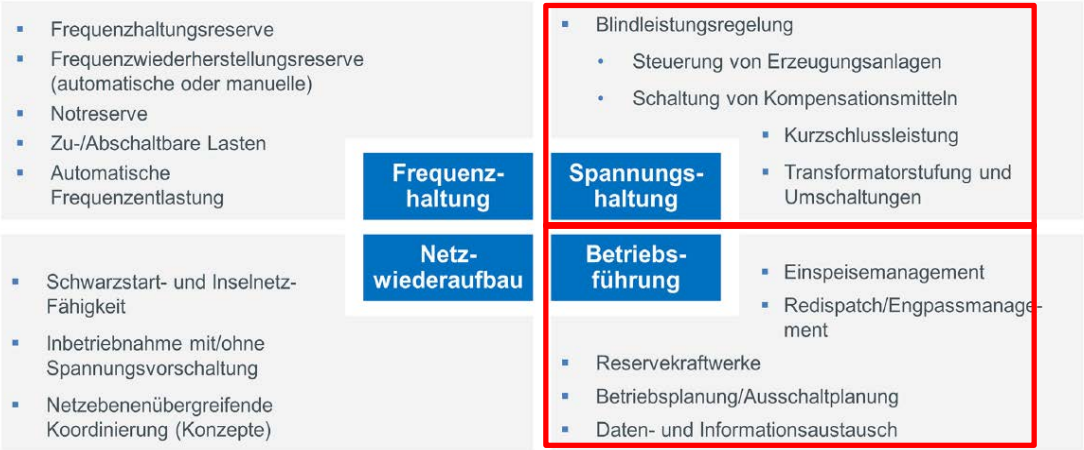
Schritt 1: nur priorisierte AF

Technische Anwendungsfälle - Priorisierung



AF	Anwendungsfall	Netzplanung	Netzbetrieb
1	Entlastung des Übertragungsnetzes		
2	Kopplung von Netzen mit unterschiedlicher Sternpunktbehandlung		
3	Kopplung von Netzen mit unterschiedlicher Frequenz		
4	Kopplung von Netzen aus unterschiedlichen Spannungsebenen		
5	Steuerung von Transitflüssen		
6	Entlastung von Verteilernetzen durch Lastflusssteuerung		
7	Alternative zu Drehstromleitungen		
8	Alternative zu HöS-Kopplungspunkt		
9	Kopplung von Regionen hoher Last und Erzeugung		
10	Netzverlustreduktion		
11	Bereitstellung von Blindleistung		
12	Inselversorgung (asynchrone Netze)		
13	Netzwiederaufbau		
14	Verbesserung der Spannungsqualität		
15	Reduktion von Kurzschlussleistung		
16	Kopplung von Industriekunden		
17	Erhöhung der Versorgungssicherheit		
18	Netzausbaugrenze bei RESPE		
19	Leistungserhöhung		
20	Regelleistungsaustausch		
21	Bauraumeffizienz		

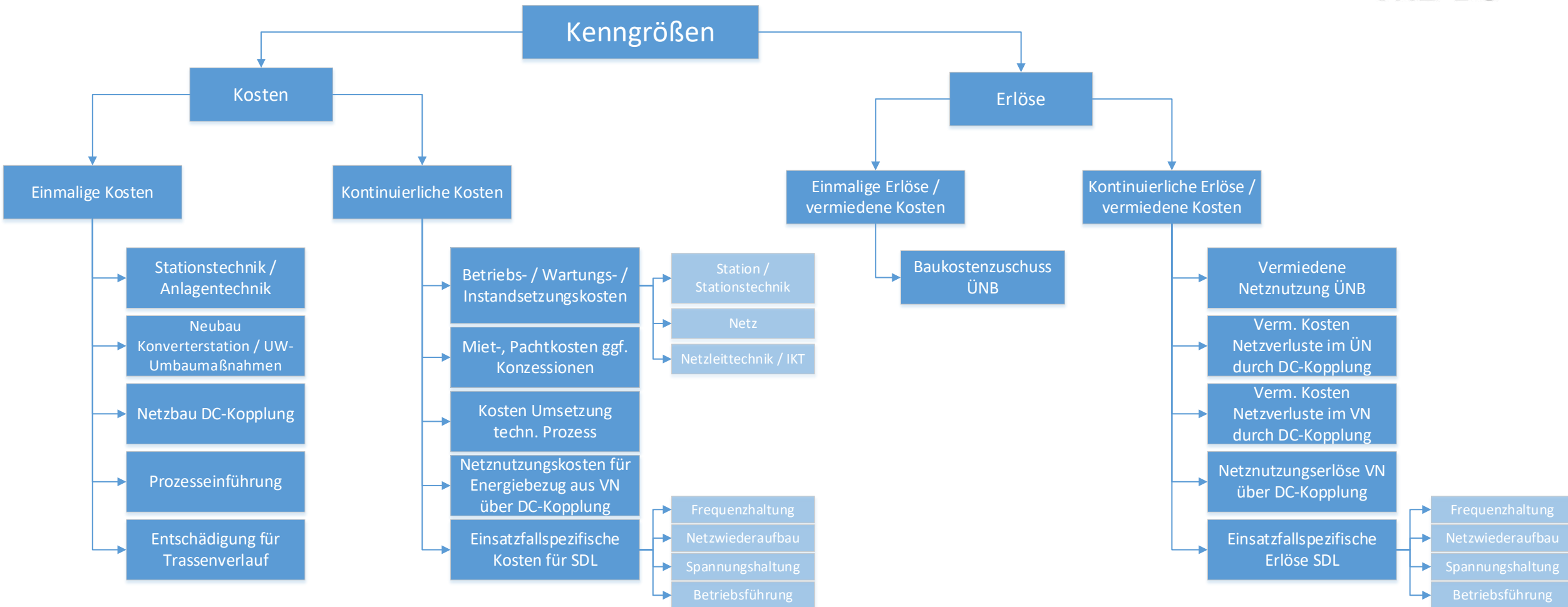
Schritt 2: nur signifikante SDL



Quelle: VDE-AR-N 4141-1

Identifikation Kosten- und Erlösparameter

Gesamtübersicht



Identifikation Kosten- und Erlösparameter

Identifikation Anwendungsfall-spezifische Kenngrößen



■ Anwendungsfälle und zugehörige Kosten- und Erlösparameter

Kostenparameter

Wirtschaftlichkeitsparameter			AF 1: Entlastung Übertragungsnetz durch gesteuerten Lastfluss im (DC-)Verteilnetz	AF 2: Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Sternpunktbehandlung	AF 3: Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Frequenz	AF 4: Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Spannungsebene	AF 5: Steuerung von Transfloss	AF 6: Entlastung von Verteilnetzen durch gesteuerten Lastfluss in den Verteilnetzen	AF 11: Blindleistungs-bereitstellung	AF 18: Erweiterung der Netzausbaugrenze bei Resonanzsternpunktterdung (ICE)	AF 19: Umrüstung bestehender Leitungen (Leistungserhöhung)
Kosten	Einmalige Kosten [€]	Stationstechnik (CSC, VSC)									
		Neubau Konverterstation (nur Baumaßnahmen)									
		Umbaumaßnahmen UUV (nur Baumaßnahmen)									
		Netzbau									
		Prozesseinführung									
		Entschädigung									
	Kontinuierliche Kosten [€/a]	Betriebs- / Wartungs- / Instandsetzungskosten Station und Stationstechnik									
		Betriebs- / Wartungs- / Instandsetzungskosten Netz									
		Betriebs- / Wartungs- / Instandsetzungskosten Netzleit- und Informationstechnik									
		Prozesskosten									
		Miet-, Pachtkosten für Fläche Trassenverlauf ggf. Konzessionen									
		Netznutzungskosten für Energiebezug aus VN über DC-Kopplung									
		Kosten für ggf. zusätzliche Netzverluste im VN verursacht durch DC-Kopplung									

Erlösparameter

Wirtschaftlichkeitsparameter			AF 1: Entlastung Übertragungsnetz durch gesteuerten Lastfluss im (DC-)Verteilnetz	AF 2: Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Sternpunktbehandlung	AF 3: Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Frequenz	AF 4: Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Spannungsebene	AF 5: Steuerung von Transfloss	AF 6: Entlastung von Verteilnetzen durch gesteuerten Lastfluss in den VN	AF 11: Blindleistungs-bereitstellung	AF 18: Erweiterung der Netzausbaugrenze bei Resonanzsternpunktterdung	AF 19: Umrüstung bestehender Leitungen (Lastsparende)
vermeidene Kosten, Erlöse, Erträge	Einmalige Erträge	Baukostenzuschuss UNB									
		Vermeidene Netznutzungskosten durch vermeidene Energieabgabe UNB durch DC-Kopplung									
		Vermeidene Netzverluste im VN durch VNB-DC-Kopplung									
		Netznutzungserlöse für Energielieferung an VN über DC-Kopplung									
	Kontinuierliche Erträge [€/a]	Frequenzreserve (Frequenzhaltung)									
		Frequenzwiederherstellung (Frequenzhaltung)									
		Notreserve (Frequenzhaltung)									
		Zu-/Abschaltbare Lasten (Frequenzhaltung)									
		Automatische Frequenzentlastung									
		Schwarzstart- und Inselnetzfähigkeit									
		Inbetriebnahme mit Hilfe									
		Spannungsvorsicherung									
		Netzebenenübergreifende Koordination									
		Systemdienstleistungen (Kategorie)									
		Blindleistungsregelung (Spannunghaltung)									
		Steuerung von Erzeugungsanlagen									
		Schaltung von Kompensationsmitteln									
		Kurzschlussleistung (Spannunghaltung)									
		Transformatorstellung und Umschaltungen									
		Einspeisemanagement (Betriebsführung)									
		Redundanz-Engpassmanagement (Betriebsführung)									
		Reservekraftwerke (Betriebsführung)									
		Betriebs-/Ausschaltplanung (Betriebsführung)									
		Daten- und Informationsaustausch									

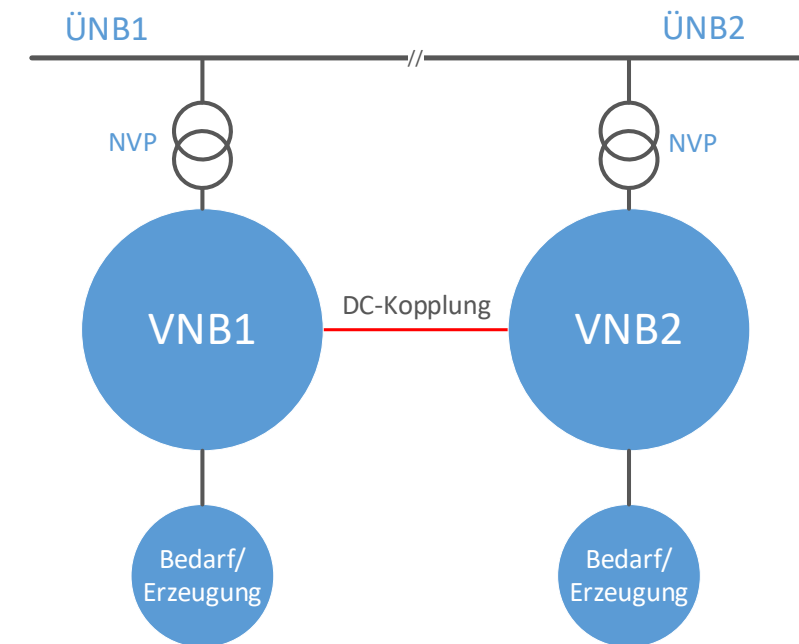
Qualitative Szenarienbetrachtung

Betriebsfälle



- Qualitative Vorbetrachtung der Auswirkungen einer DC-Kopplung von zwei VNB
 - Netznutzung
 - Netzverluste
- Betriebsfälle der DC-Kopplung mit größter Auftrittswahrscheinlichkeit

BF	VNB A	VNB B	Leistungsfluss GÜ
1	Überschuss	Bezug	VNB A → VNB B
2	Bezug	Überschuss	VNB A ← VNB B
3	Bezug	Bezug	VNB A → VNB B
4	Überschuss	Überschuss	VNB A → VNB B



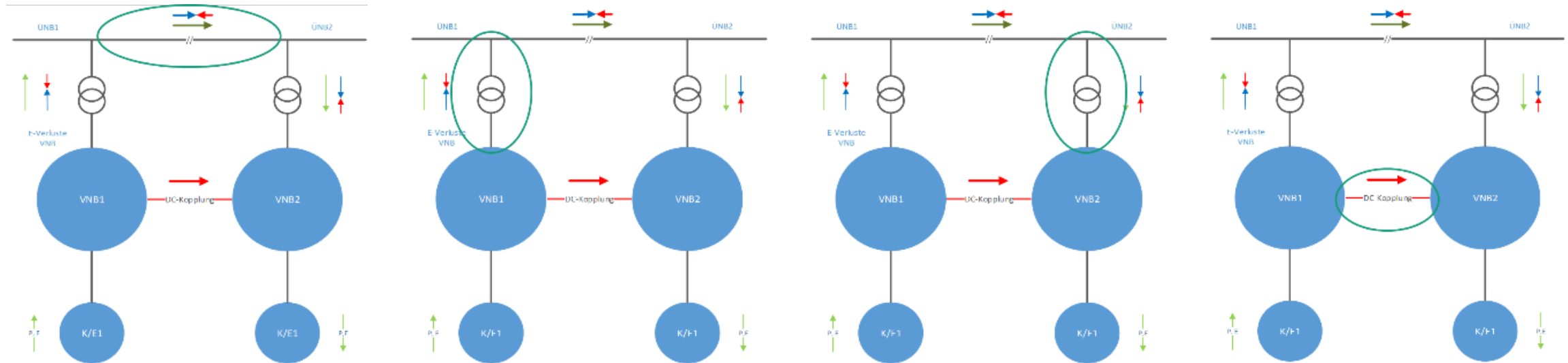
Qualitative Szenarienbetrachtung

Betriebsfälle



■ Qualitative Vorbetrachtung – Auswirkungen Betrieb VNB-Kopplung mittels MVDC

■ Betriebsfall 1: Überschuss VNB1 – Bezug VNB2



■ VNB-MVDC-Kopplung kann Rückspeisungen ÜN reduzieren und ÜN entlasten und

■ Auf der anderen Seite den Bezug aus ÜN reduzieren

Qualitative Szenarienbetrachtung

Gesamtübersicht betrachteter Szenarien



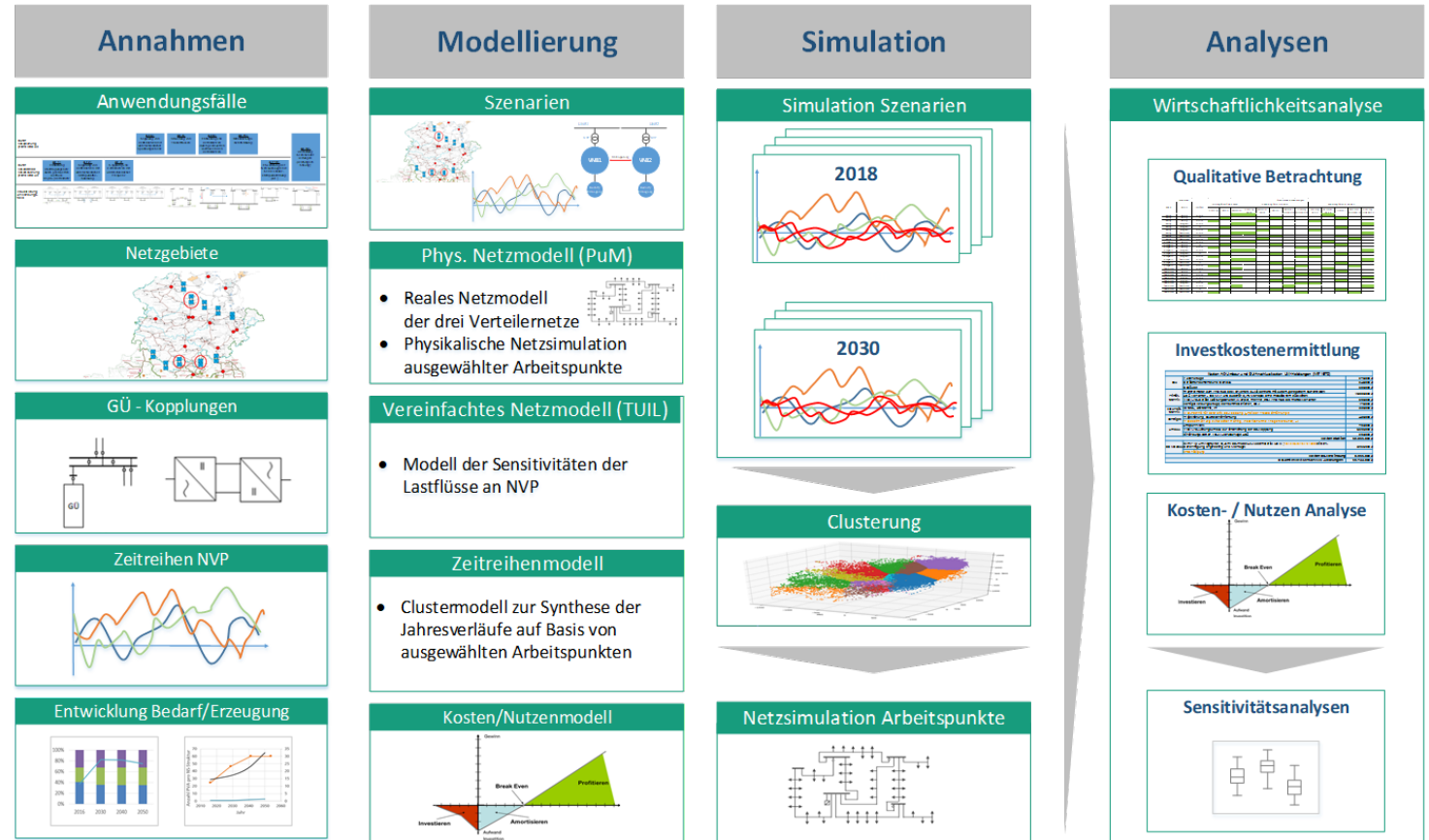
- Analyse der qualitativen Auswirkungen
- Betrachtung der verschiedenen Betriebsmodi der DC-Kopplungen
- Bewertung der Auswirkungen auf die Kopplungen zwischen VNB und ÜNB sowie der Leistungsflüsse auf ÜNB-Ebene

Szenarien			Qualitative Auswirkungen												
VNB A	VNB B	Lastfluss	Leistungsfluss ÜNB-Ebene			Kopplung ÜNB1 <--> VNB1					Kopplung ÜNB2 <--> VNB2				
			Erhöhung	Neutral	Reduktion	Erhöhung Bezug	Reduktion Bezug	Neutral	Reduktion Rückspeisung	Erhöhung Rückspeisung	Erhöhung Bezug	Reduktion Bezug	Neutral	Reduktion Rückspeisung	Erhöhung Rückspeisung
Bezug	Bezug	A --> B													
Bezug	Bezug	0													
Bezug	Bezug	A <-- B													
Bezug	Ausgleich	A --> B													
Bezug	Ausgleich	0													
Bezug	Ausgleich	A <-- B													
Bezug	Überschuss	A --> B													
Bezug	Überschuss	0													
Bezug	Überschuss	A <-- B													
Ausgleich	Bezug	A --> B													
Ausgleich	Bezug	0													
Ausgleich	Bezug	A <-- B													
Ausgleich	Ausgleich	A --> B													
Ausgleich	Ausgleich	0													
Ausgleich	Ausgleich	A <-- B													
Ausgleich	Überschuss	A --> B													
Ausgleich	Überschuss	0													
Ausgleich	Überschuss	A <-- B													
Überschuss	Bezug	A --> B													
Überschuss	Bezug	0													
Überschuss	Bezug	A <-- B													
Überschuss	Ausgleich	A --> B													
Überschuss	Ausgleich	0													
Überschuss	Ausgleich	A <-- B													
Überschuss	Überschuss	A --> B													
Überschuss	Überschuss	0													
Überschuss	Überschuss	A <-- B													

Szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit

Methodik

- Methodik zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit auf Basis von Szenarien
- Einbeziehung verschiedener Modellierungsansätze
- Zeitreihenbasierte Analyse mittels Clusterung und Ermittlung repräsentativer Lastsituationen

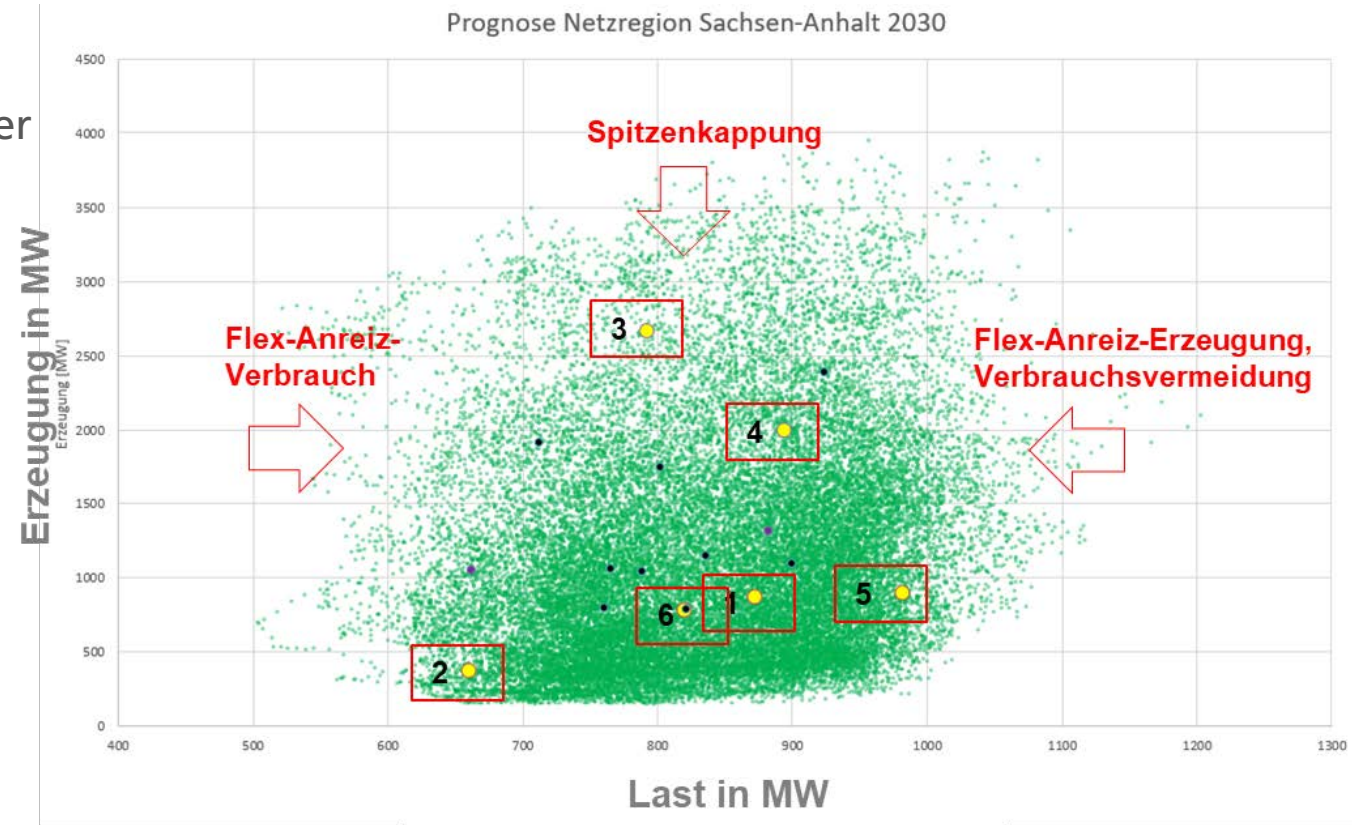


Szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit

Clusterung der Arbeitspunkte

- Reduzierung der 35040 15-min-Arbeitspunkte auf 17 repräsentative Cluster
- Hochrechnung von Nutzungsstunden, Verlusten, etc. auf Jahresverlauf über Häufigkeiten der Cluster
- Cluster repräsentativ für alle Netznutzungsfälle

Cluster	Zeit	Erzeugung ges. 2030 MW	Last 2030 MW	Häufigkeit
1	23.02.2018 02:30	871	872	11,80%
2	23.07.2018 02:45	373	660	23,10%
3	29.01.2018 04:45	2667	792	4,10%
4	14.05.2018 19:00	1997	894	7,80%
5	26.06.2018 09:15	898	981	20,20%
6	10.02.2018 15:30	783	820	6,30%
7	03.04.2018 01:30	1055	661	2,60%
8	22.12.2018 18:15	1068	765	0,20%
9	23.10.2018 17:45	2396	923	2,40%
10	06.08.2018 16:30	1314	882	6,50%
11	18.08.2018 15:15	1051	788	1,20%
12	21.05.2018 17:45	1911	712	1,90%
13	13.07.2018 19:45	1099	899	7,50%
14	30.09.2018 17:15	803	760	2,50%
15	25.02.2018 00:15	1148	835	0,90%
16	05.05.2018 19:15	793	821	1,00%
17	22.12.2018 11:15	1750	801	0,10%



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Festlegung Koppelpunkte



■ Ausgewählte MVDC-Koppelpunkte

a) UW Nord (VNB Nord) <-> UW Mitte 1 (VNB Mitte)

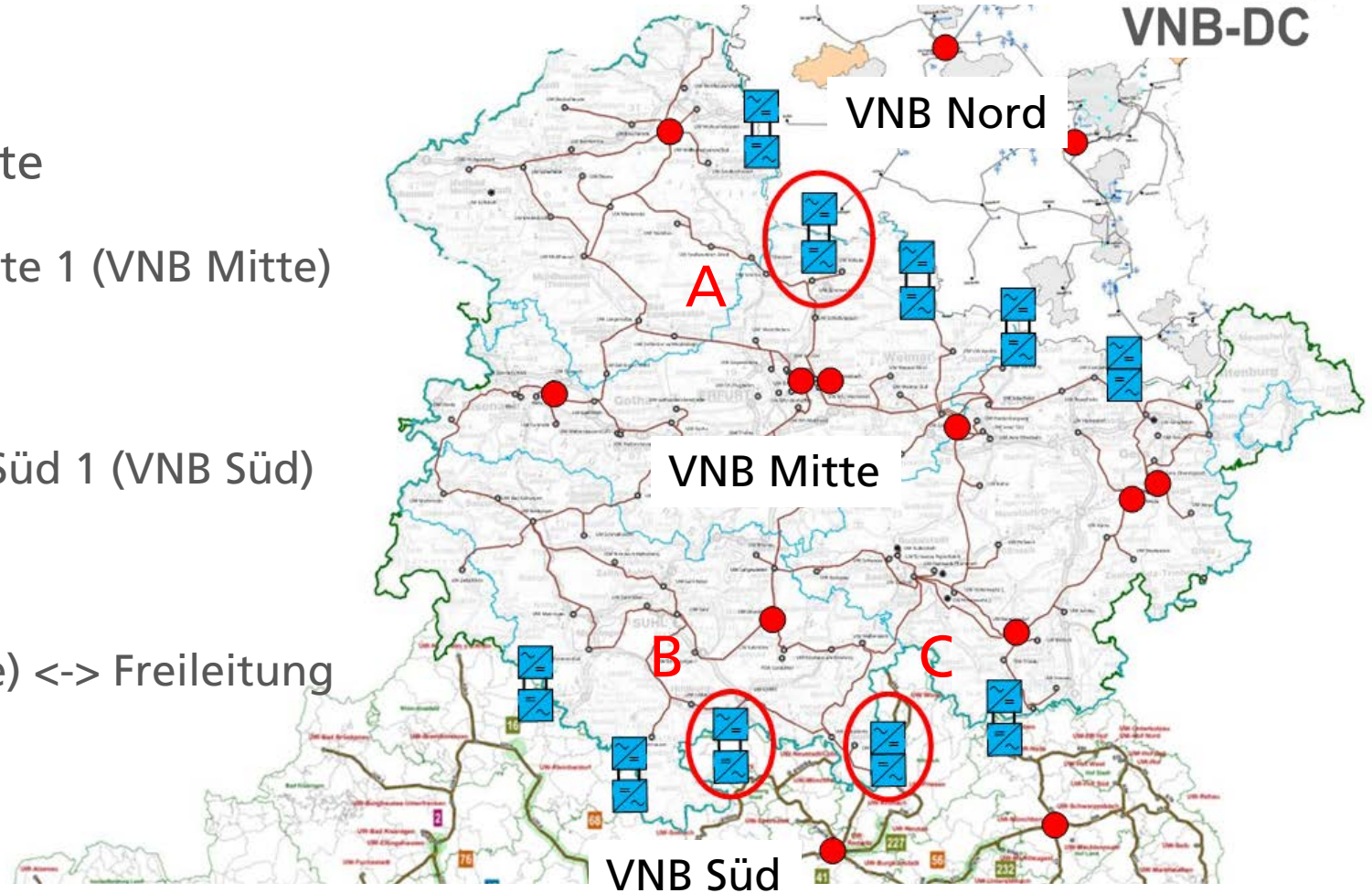
■ Distanz: 16km

b) UW Mitte 2 (VNB Mitte) <-> UW Süd 1 (VNB Süd)

■ Distanz: 17km

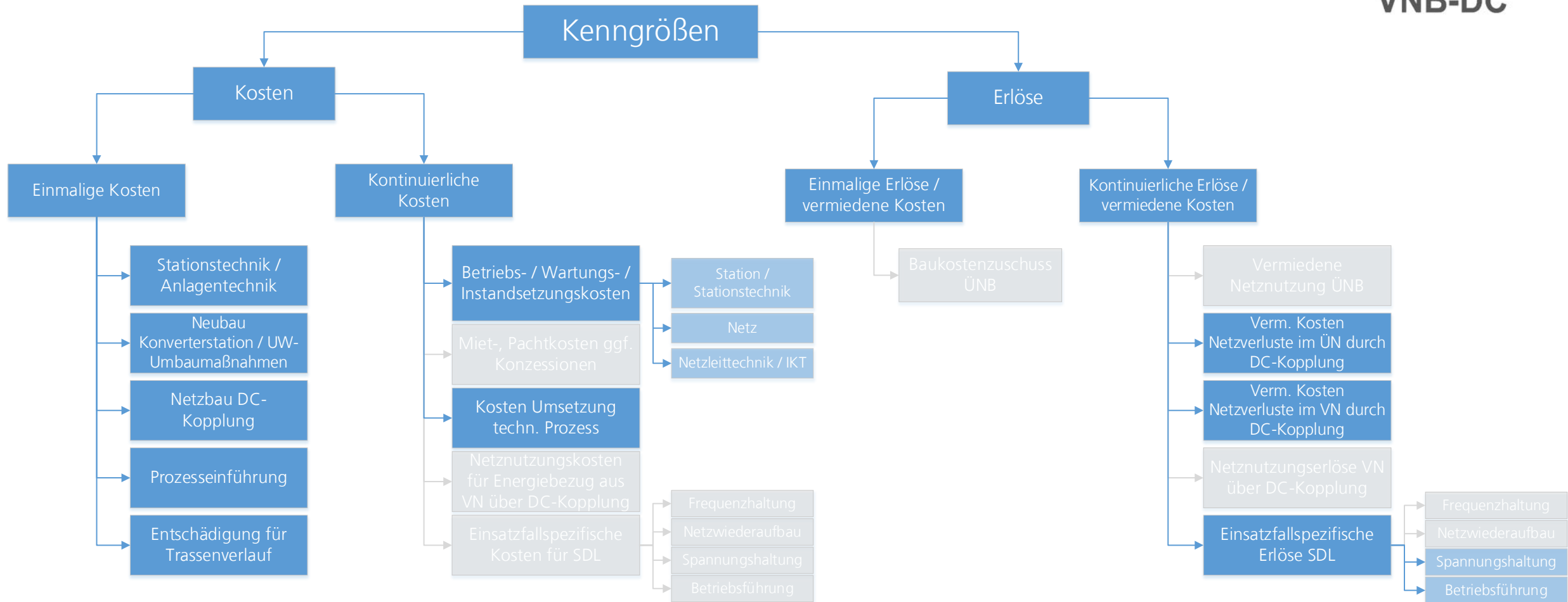
c) Kopplung UW Mitte 3 (VNB Mitte) <-> Freileitung
(VNB Süd)

■ Distanz < 100m



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Betrachtete Kosten- und Erlös-Parameter

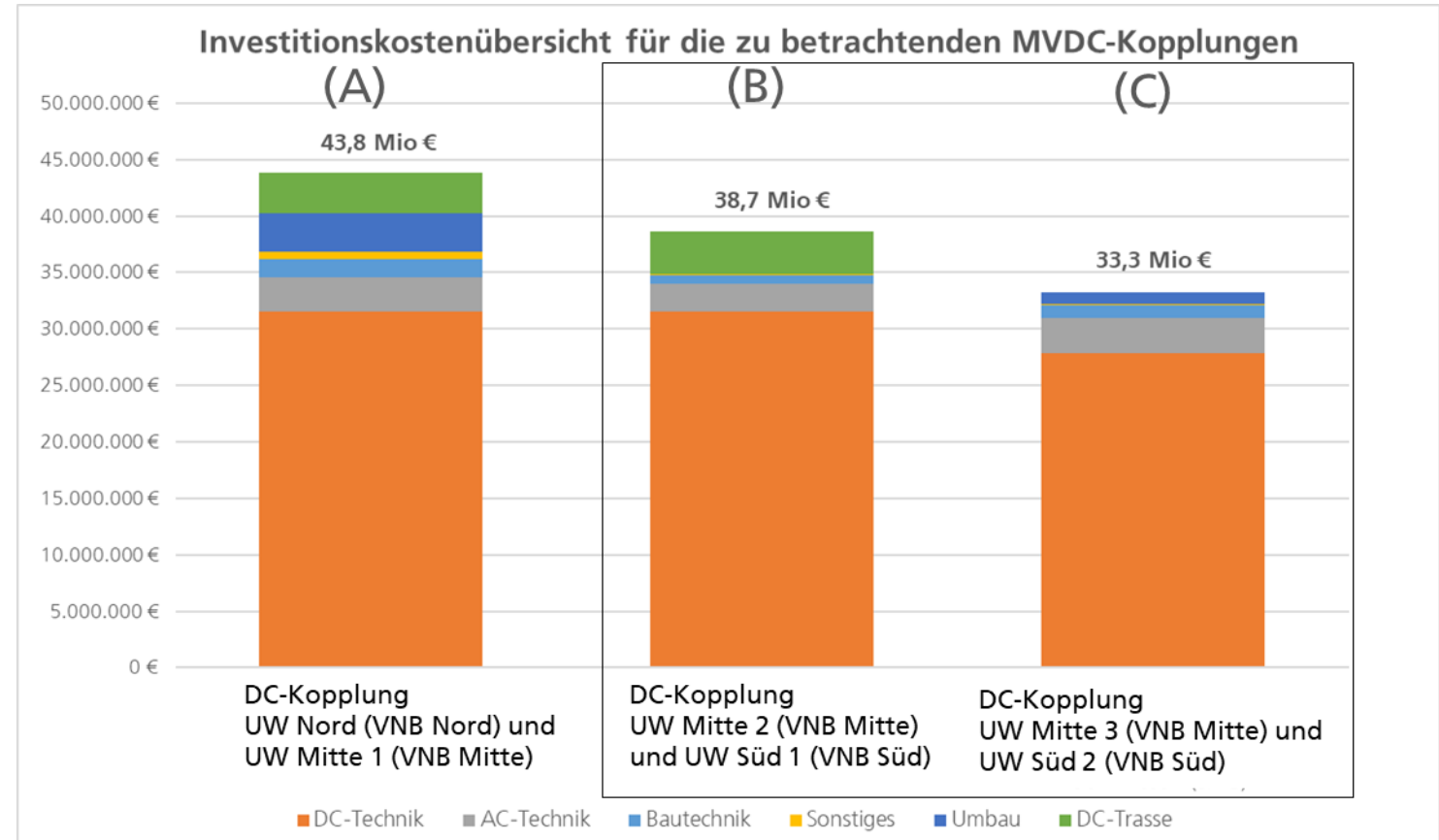


Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Investitionskosten



- Investition betrachteter MVDC-Kopplungen mit 130 MW bzw. 115 MW
- Aufgeschlüsselt nach:
 - DC-Technik
 - AC-Technik
 - Bautechnik / Umbaumaßnahmen
 - MVDC-Trasse
 - Sonstiges
- Konverter ist entscheidender Kostenfaktor
- Kabel fällt weniger als erwartet ins Gewicht (Nutzung von MS-AC-Kabel möglich)

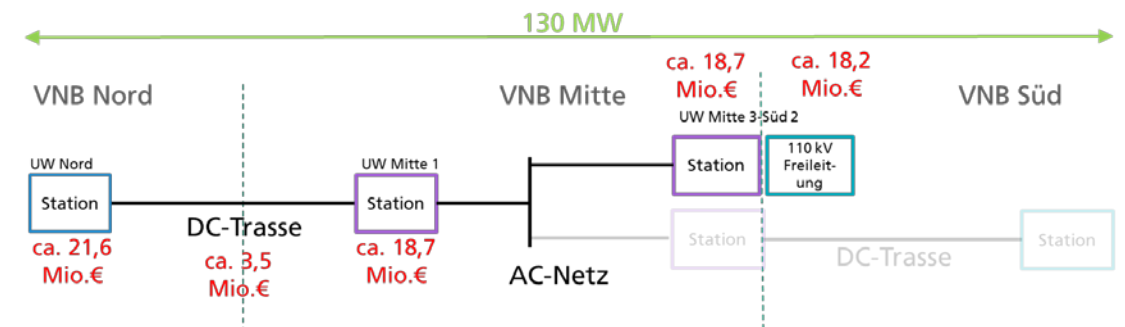
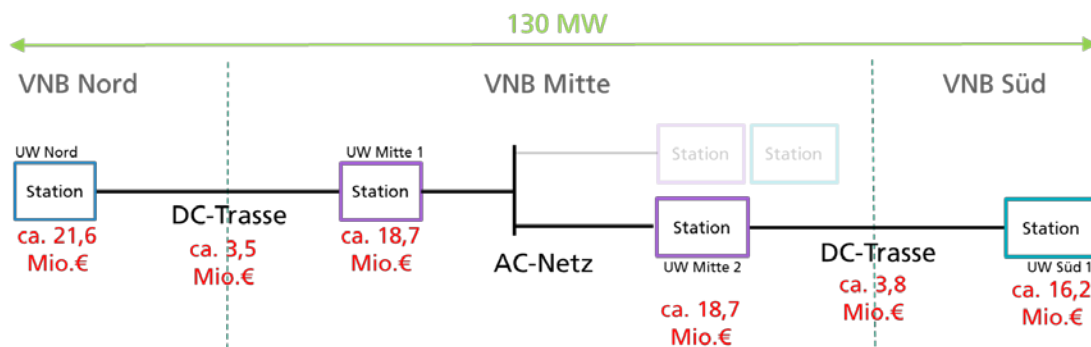


Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Übersicht Gesamtinvestitionskosten



■ Investitionsauflistung für das Gesamtsystem zur Übertragung von 130 MW



■ Gesamtinvestitionskosten Variante A: **ca. 82,5 Mio.€**

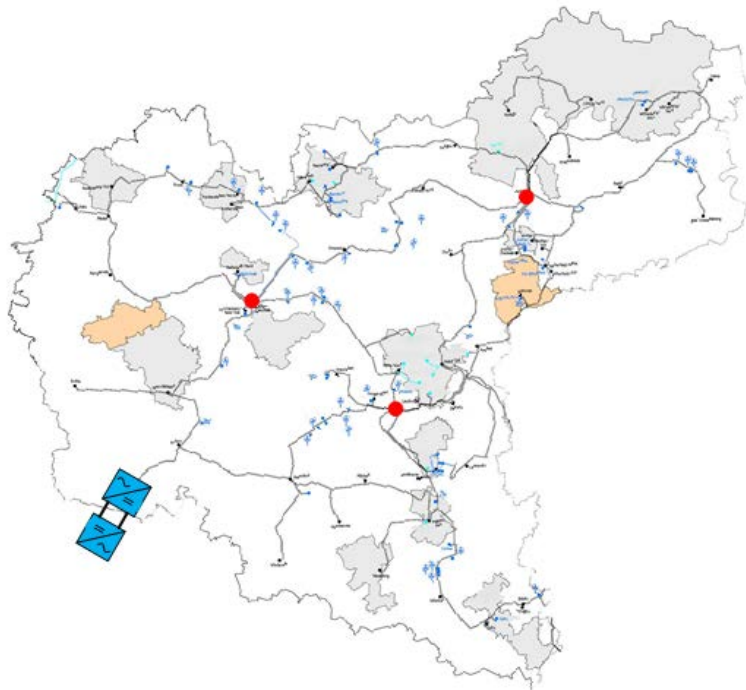
■ Gesamtinvestitionskosten Variante B: **ca. 80,7 Mio.€**

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

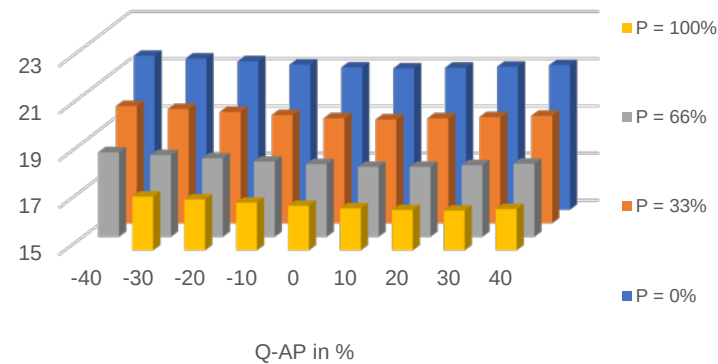
Erlöse aus Bereitstellung von Systemdienstleistungen



Engpassmanagement
Reduzierung Einspeisemanagement



Engpassmanagement
Reduzierung Redispatchbedarf

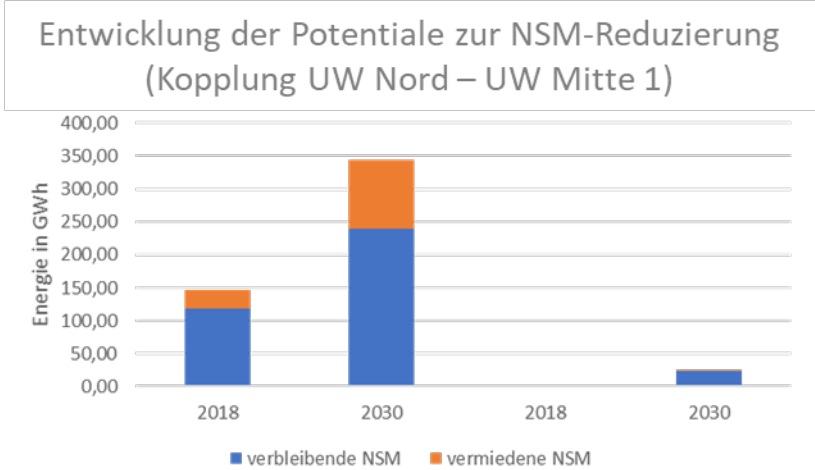


Blindleistungsbereitstellung



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

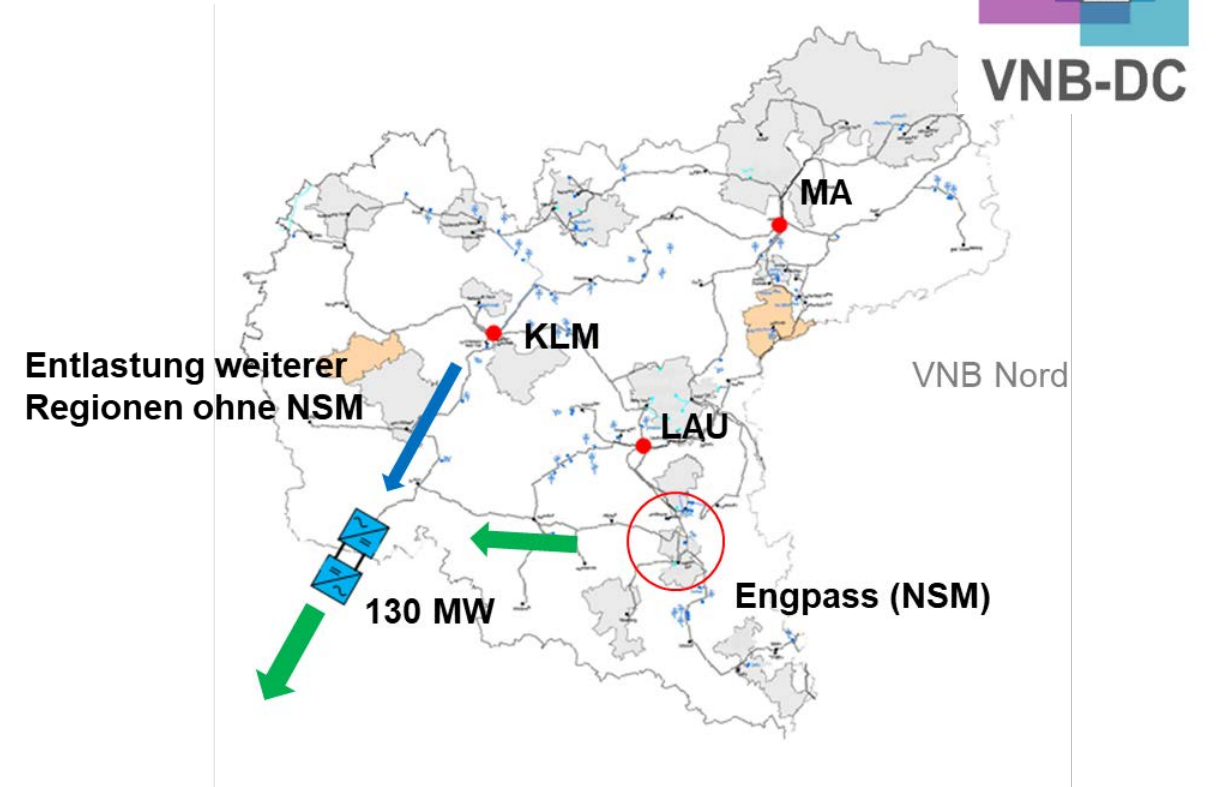
Betrachtung NSM



	2018	2030
Nutzungsstunden	433	1299

* 2018 gab es nur NSM bei VNB Nord

- Fallbeispiel: Modellrechnung an Netzgebiet Nord
- Nutzung benachbarter Netzkapazitäten
- Vermiedene NSM-Kosten in SA-Modell 2018: 2,8 Mio.€
- Potential zur NSM-Vermeidung steigt bis 2030



NSM ohne MVDC (Abzuregelnde Erzeuger)	146.640	MWh/a
NSM mit 130 MW MVDC (Abzuregelnde Erzeuger)	118.180	MWh/a
Spezifische Reduzierung NSM im Nord-Gebiet mit MVDC	28.460	MWh/a
Spezifische Kostenreduzierung (mit 100 €/MWh)	2.846.000	€/a
Spezifische Reduzierung NSM pro installierter Leistung	220	MWh/(MW _{DC} *a)
Spezifische Reduzierung Kosten NSM pro installierter Leistung	21.890	€/(MW _{DC} *a)

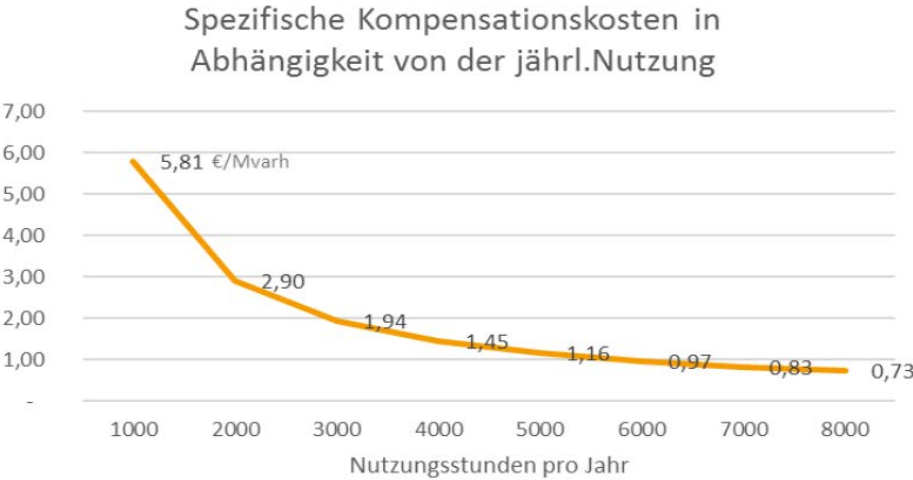
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Betrachtung Blindleistungsbereitstellung



- Blindleistungsbereitstellung für ÜNB 2018: Kopplung UW Nord – UW Mitte 1(130 MW)
- Annahme: 0,73 €/ MVarh (VNB Nord) ; 0,97 €/MVarh (VNB Mitte)

Blindarbeit	Änderung der Blindarbeit an NVP VNB Nord - ÜNB [MVarh/a]	Änderung der Blindarbeit an NVP VNB Mitte - ÜNB [MVarh/a]	Kumulierte Blindarbeit an NVP VNB-ÜNB [MVarh/a]	Erlöse Blindarbeit MVDC- Kopplung UW Nord – UW Mitte 1 [€/a]
Induktive BA an NVP VNB-ÜNB	156.990	71.200	513.400	458.080
Kapazitive BA an NVP VNB-ÜNB	9.330	275.870		



*1 – Fachvortrag: Konzept Spannungshaltung, Herr Halbauer, Mitnetz Strom mbH, 27.02.2019

Fallbeispiel Cluster 2 mit allen MVDC-Kopplungen

Kompensation des Blindleistungsbedarfs gegenüber dem ÜNB

Netzgebiet	Min Q-Bedarf in MVar	Q-Bedarf ohne MVDC in MVar	Max Q-Bedarf in MVar	Q=0, erreichbar?
Nord	-364,8	-93,9	59,5	Ja
Mitte	-535,6	-6,1	559,7	Ja
Süd	322,2	498	685,4	Nein

- MVDC kann den Blindleistungsbedarf gegenüber dem ÜNB reduzieren und z.T. kompensieren

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Ergebnisse des Betrachtungsjahres 2018



Netzverluste bei Fahrplan zur NSM – Reduzierung und Blindleistungsbereitstellung

■ Kopplungspunkt: UW Nord – UW Mitte 1 (130MW)

Netzgebiet / Netzkomponente	Änderung der Netzverluste durch MVDC-Betrieb zur Reduzierung NSM		Monetäre Bewertung der Änderung der Netzverluste (44,5€/MWh*1)	
	Ohne Q [GWh/a]	Mit Q [GWh/a]	Ohne Q [€/a]	Mit Q [€/a]
130MW MVDC-Kopplung	0,552	0,552	24.545 €	24.545 €
VNB Nord	0,368	0,372	16.371 €	16.549 €
VNB Mitte	1,400	1,972	62.294 €	87.755 €
Übertragungsnetz	-0,728	-2,552	-32.385 €	-113.552 €
Kumulierte Änderung	1,592	0,344	70.825 €	15.297 €

*1 – Die deutschen Strompreise an der Börse EPEX Spot in 2019 - Analyse des Preisniveaus und der Preisschwankungen (Preisspreads),
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

- Nutzung Blindleistungstellbereichs der MVDC-Kopplung bei der Bereitstellung von Systemdienstleistungen zur Minimierung der kumulierten Netzverluste im Verteil- und Übertragungsnetz nicht direkt vergütet
- → Vermiedene Kosten durch Minimierung der monetär bewerteten Netzverluste

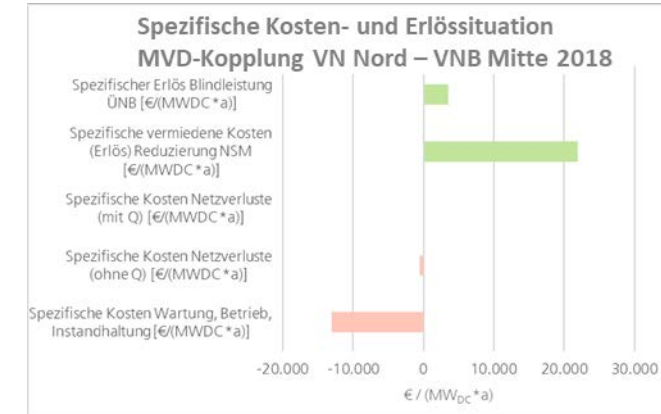
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kontinuierliche Kosten und Erlöse Kopplung VNB Nord / VNB Mitte



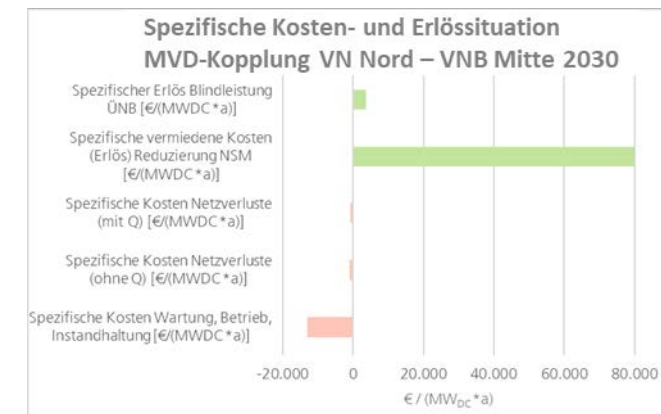
■ 130 MW MVDC-Kopplung UW Nord (VNB Nord) und UW Mitte1 (VNB Mitte) -Betrachtungsjahr 2018

Kontinuierliche Kosten			Kontinuierliche Erlöse	
Spezifische Kosten Wartung, Betrieb, Instandhaltung [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (ohne Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (mit Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische vermiedene Kosten (Erlös) Reduzierung NSM [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifischer Erlös Blindleistung ÜNB [€/ (MW _{DC} *a)]
-13.100	-540	-120	21.890	3.520



■ 130 MW MVDC-Kopplung UW Nord (VNB Nord) und UW Mitte1 (VNB Mitte) -Betrachtungsjahr 2030

Kontinuierliche Kosten			Kontinuierliche Erlöse	
Spezifische Kosten Wartung, Betrieb, Instandhaltung [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (ohne Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (mit Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische vermiedene Kosten (Erlös) Reduzierung NSM [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifischer Erlös Blindleistung ÜNB [€/ (MW _{DC} *a)]
-13.100	-960	-840	79.970	3.520



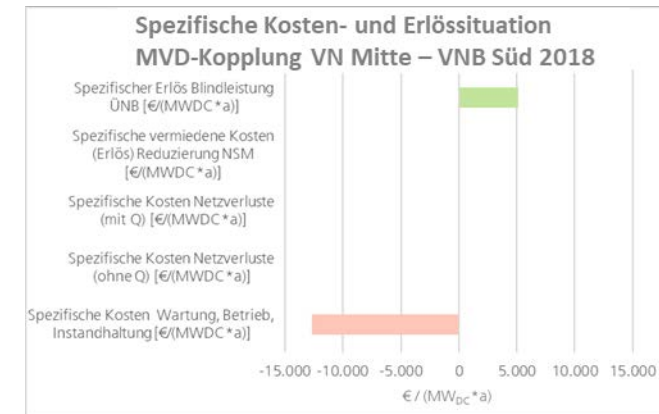
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kontinuierliche Kosten und Erlöse Kopplung VNB Mitte / VNB Süd



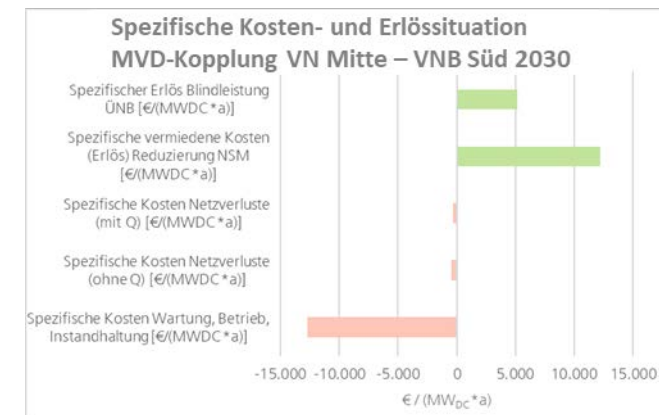
■ 115 MW MVDC-Kopplung UW Mitte3 (VNB Mitte) - Ltg- (VNB Süd) -Betrachtungsjahr 2018

Kontinuierliche Kosten			Kontinuierliche Erlöse	
Spezifische Kosten Wartung, Betrieb, Instandhaltung [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (ohne Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (mit Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische vermiedene Kosten (Erlös) Reduzierung NSM [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifischer Erlös Blindleistung ÜNB [€/ (MW _{DC} *a)]
-12.700			0	5.130



■ 115 MW MVDC-Kopplung UW Mitte3 (VNB Mitte) - Freileitung- (VNB Süd) -Betrachtungsjahr 2030

Kontinuierliche Kosten			Kontinuierliche Erlöse	
Spezifische Kosten Wartung, Betrieb, Instandhaltung [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (ohne Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische Kosten Netzverluste (mit Q) [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifische vermiedene Kosten (Erlös) Reduzierung NSM [€/ (MW _{DC} *a)]	Spezifischer Erlös Blindleistung ÜNB [€/ (MW _{DC} *a)]
-12.700	-460	-330	12.190	5.130



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kosten-Nutzen-Analyse Kopplung VNB Nord / VNB Mitte



■ 130 MW MVDC-Kopplung UW Nord (VNB Nord) und UW Mitte 1 (VNB Mitte)

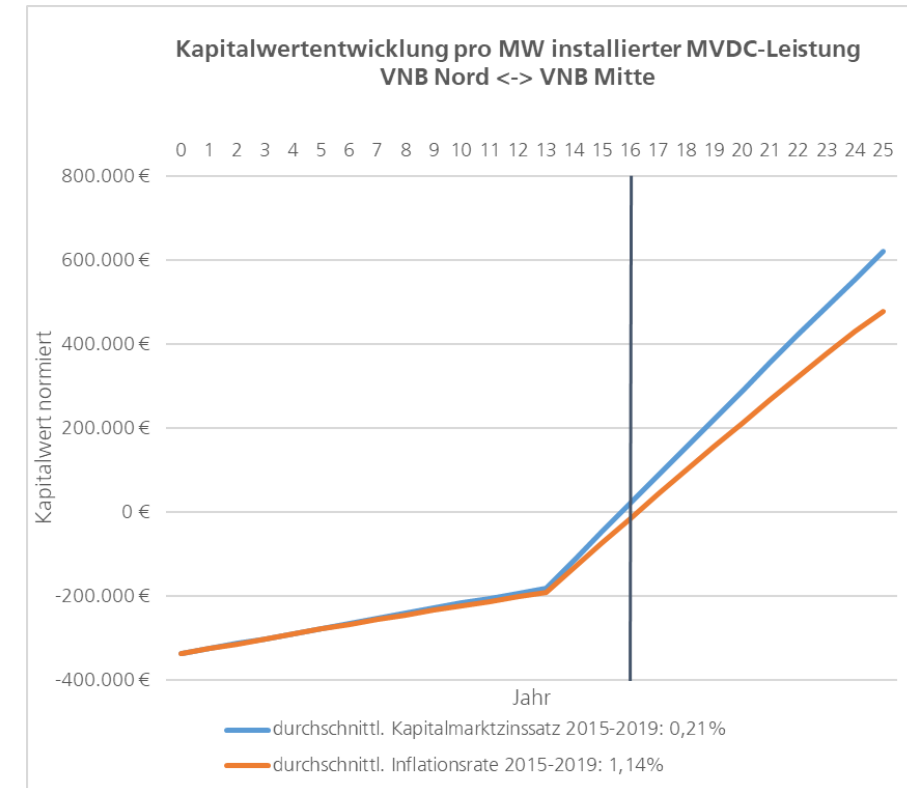
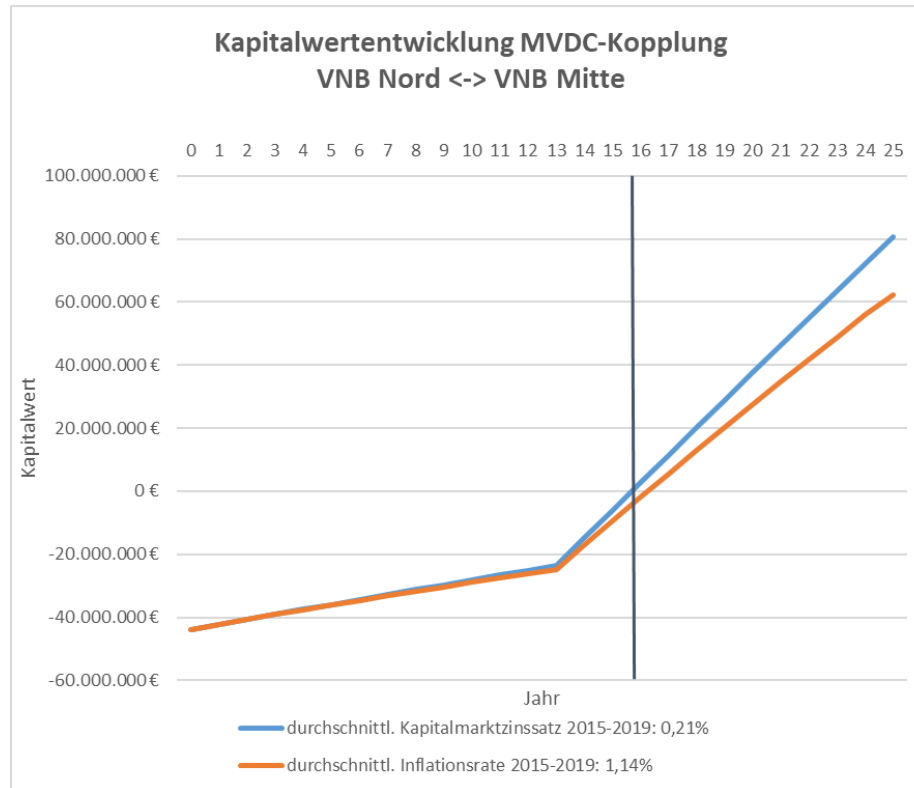
Kumulierte Investitionskosten 130MW MVDC-Kopplung VNB Nord <-> VNB Mitte [€]			Absolut [€]	Spezifisch [€ / MW _{MVDC}]
			43.800.000 €	336.923 €
kontinuierliche Kosten	2018	Resultierende Kosten Netzverluste [€/a]	15.300 €	118 €
	2030		109.800 €	845 €
	2018 / 2030	Wartung, Betrieb und Instandhaltung [€/a]	1.706.698 €	13.128 €
kontinuierliche Erlöse	2018	Vermiedene Kosten NSM - VNB Nord [€/a]	2.846.000 €	21.892 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Mitte [€/a]	0 €	0 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB [€/a]	458.080 €	3.524 €
		Kontinuierliche Erlöse und vermiedene Kosten 2018	3.304.080 €	25.416 €
	2030	Vermiedene Kosten NSM - VNB Nord [€/a]	10.341.000 €	79.546 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Mitte [€/a]	55.000 €	423 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB [€/a]	458.080 €	3.524 €
		Kontinuierliche Erlöse und vermiedene Kosten 2030	10.854.080 €	83.493 €

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kosten-Nutzen-Analyse Kopplung VNB Nord / VNB Mitte



■ 130 MW MVDC-Kopplung UW Nord (VNB Nord) und UW Mitte 1 (VNB Mitte)



■ Positiver Kapitalwert nach ca. 16 Jahren (volkswirtschaftlicher Break-Even)

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kosten-Nutzen-Analyse Kopplung VNB Mitte <-> VNB Süd



- 115 MW MVDC-Kopplung zwischen UW-Mitte 3 (VNB Mitte) und Freileitung (VNB Süd)

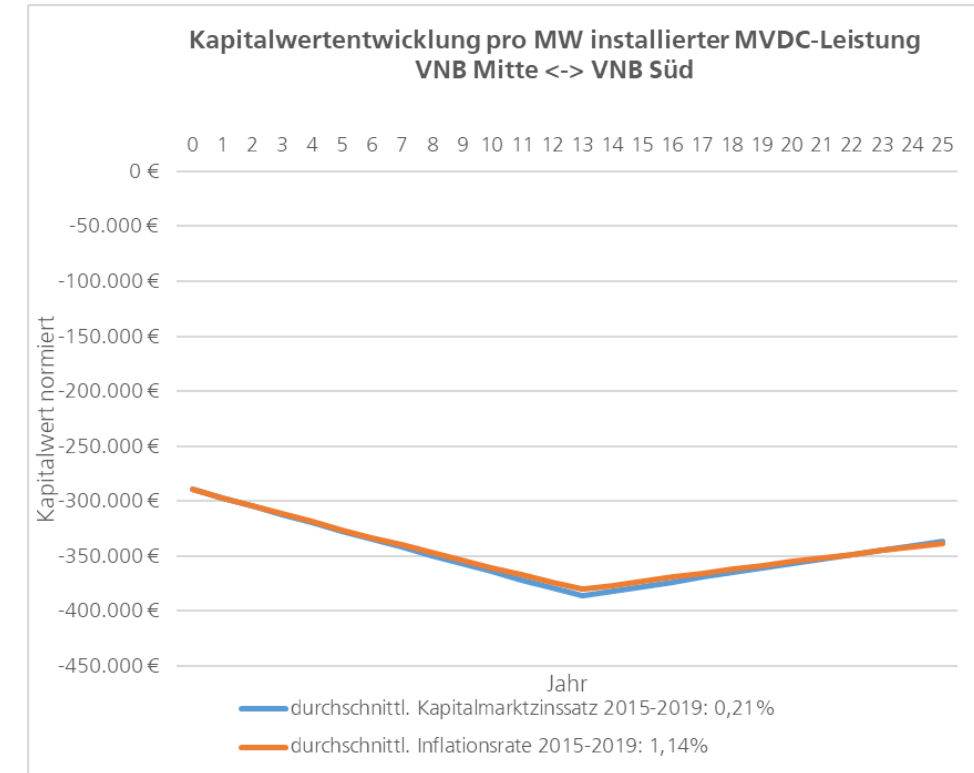
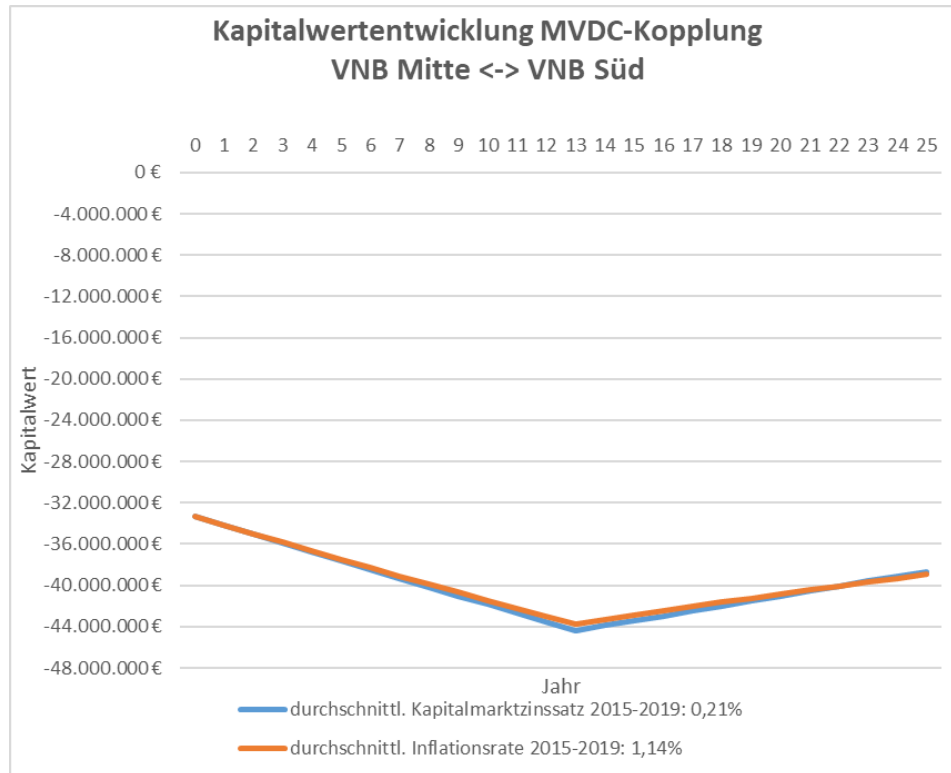
Kumulierte Investitionskosten 115 MW MVDC-Kopplung VNB Mitte <-> VNB Süd [€]			Absolut [€]	Spezifisch [€ / MW _{MVDC}]
			33.300.000 €	289.565 €
kontinuierliche Kosten	2018	Resultierende Kosten Netzverluste [€/a]	0 €	0 €
	2030		37.945 €	330 €
	2018 / 2030	Wartung, Betrieb und Instandhaltung [€/a]	1.455.644 €	12.658 €
kontinuierliche Erlöse	2018	Vermiedene Kosten NSM - VNB Mitte [€/a]	0 €	0 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Süd [€/a]	0 €	0 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB [€/a]	589.730 €	5.128 €
		Kontinuierliche Erlöse und vermiedene Kosten 2018	589.730 €	5.128 €
	2030	Vermiedene Kosten NSM - VNB Mitte [€/a]	101.000 €	878 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Süd [€/a]	1.301.000 €	11.313 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB [€/a]	589.730 €	5.128 €
		Kontinuierliche Erlöse und vermiedene Kosten 2030	1.991.730 €	17.319 €

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kosten-Nutzen-Analyse Kopplung VNB Mitte / VNB Süd



- 115 MW MVDC-Kopplung zwischen UW Mitte 3 (VNB Mitte) und Freileitung (VNB Süd)



- Kapitalwert im Betrachtungszeitraum nicht positiv (volkswirtschaftlich unrentabel)

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kosten-Nutzen-Analyse Kopplung VNB Nord / VNB Mitte / VNB Süd



- Kombinierte Betrachtung für die MVDC-Verteilnetzkopplungen VNB Nord (130MW) <-> (130MW) VNB Mitte (115MW) <-> (115MW) VNB Süd

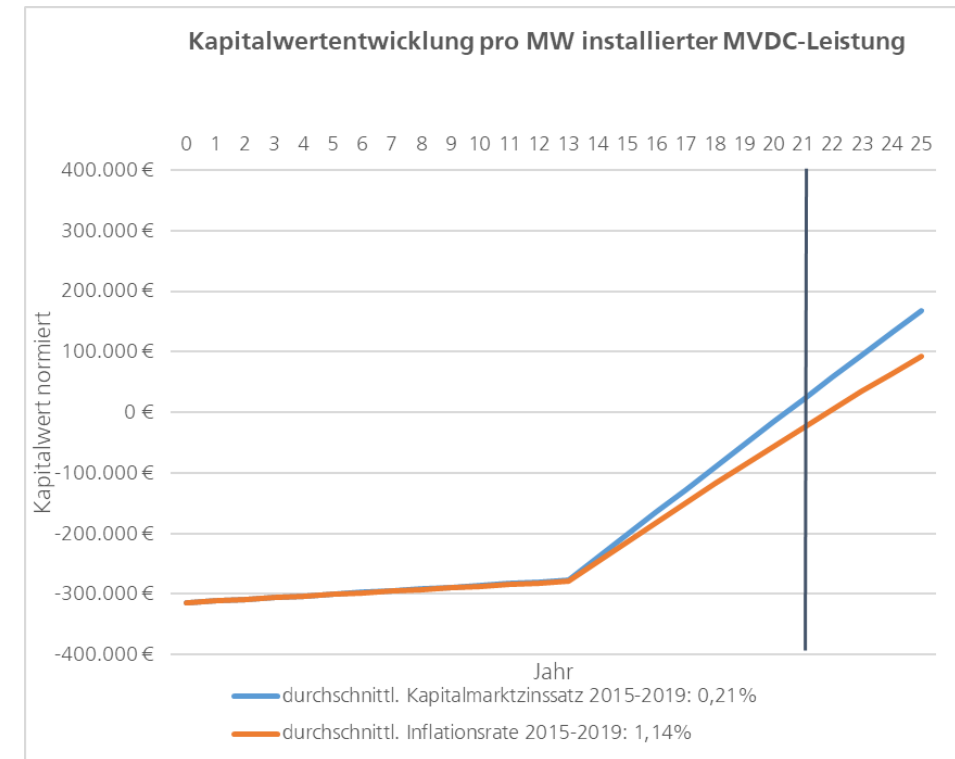
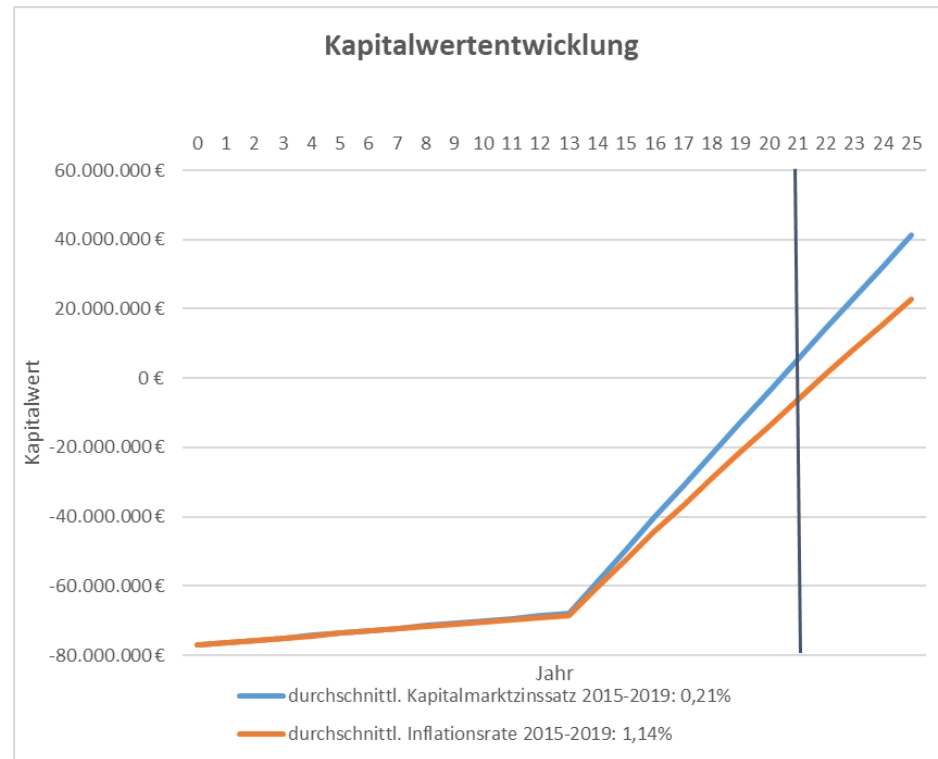
Kumulierte Investitionskosten für die MVDC-Verteilnetzkopplungen VNB Nord <-> VNB Mitte <-> VNB Süd			Absolut [€]	Spezifisch [€ / MW _{MVDC}]
			77.100.000 €	314.694 €
kontinuierliche Kosten	2018	Resultierende Kosten Netzverluste [€/a]	15.300 €	62 €
	2030		147.745 €	603 €
	2018 / 2030	Wartung, Betrieb und Instandhaltung [€/a]	3.162.342 €	12.908 €
kontinuierliche Erlöse	2018	Vermiedene Kosten NSM - VNB Nord [€/a]	2.846.000 €	11.616 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Mitte [€/a]	0 €	0 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Süd [€/a]	0 €	0 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB (VNB Nord <-> VNB Mitte) [€/a]	458.080 €	1.870 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB (VNB Mitte <-> VNB Süd) [€/a]	589.730 €	2.407 €
		Kontinuierliche Erlöse und vermiedene Kosten 2018	3.893.810 €	15.893 €
	2030	Vermiedene Kosten NSM - VNB Nord [€/a]	10.341.000 €	42.208 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Mitte [€/a]	101.000 €	412 €
		Vermiedene Kosten NSM - VNB Süd [€/a]	1.301.000 €	5.310 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB (VNB Nord <-> VNB Mitte) [€/a]	458.080 €	1.870 €
		Erlös Bereitstellung Blindarbeit ÜNB (VNB Mitte <-> VNB Süd) [€/a]	589.730 €	2.407 €
		Kontinuierliche Erlöse und vermiedene Kosten 2030	12.790.810 €	52.207 €

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Kosten-Nutzen-Analyse Kopplung VNB Nord / VNB Mitte / VNB Süd



- Kombinierte Betrachtung für die MVDC-Verteilnetzkopplungen MNS (130MW) <-> (130MW) TEN (115MW) <-> (115MW) BAG



- Positiver Kapitalwert nach ca. 21 Jahren (volkswirtschaftlicher Break-Even)

Kontakt

Steffen Nicolai
Gruppe „Elektrische Energiesysteme“
Fraunhofer IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik IOSB-AST
Tel.: +49 (0) 3677 461 - 112
E-Mail: steffen.nicolai@iosb-ast.fraunhofer.de

Sebastian Flemming
Gruppe „Cross-Sektorale Energiesysteme“
Fraunhofer IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik IOSB-AST
Tel.: +49 (0) 3677 461 - 1511
E-Mail: sebastian.flemming@iosb-ast.fraunhofer.de

