

Penmanshiel Wind Farm 2025

Premium-Betreiber- und Investorenreport

Erstellt im Auftrag von ESSCON AI Solutions GmbH

Analysesystem: Morpheus AI | Berichtsstand: 01.05.2026

Dokumentenhinweis und Aussagegrenzen

Dieser Bericht ist ein technischer Betreiber- und Investorenreport für den Windpark Penmanshiel Wind Farm. Er verdichtet Betriebs-, Status-, Wetter-, Verlust- und Referenzsignale zu einer priorisierten technischen Entscheidungsgrundlage.

Die Analyse zeigt belastbare Prüfprioritäten, Rangfolgen und Befundfamilien. Sie ersetzt keine Betreiberbestätigung, keine Vertragsprüfung und keine Vor-Ort-Inspektion. Abschließende Ursache-Wirkungs-Bestätigungen erfordern einen Betreiber-Crosscheck mit Betriebsführung, Ereignisprotokollen, Stillstandsgründen, Wartungsnachweisen und kommerziellen Vertragsdaten.

Bereich	Aussage
Zulässiger Berichtsumfang	Technischer Betreiberbericht mit klaren Aussagegrenzen
Nicht Gegenstand	Finale Geldforderung, finale Ereignis-/SCADA-Kausalität ohne Betreiber-Crosscheck, kundenspezifische Komponentendiagnose ohne validierte Zustandsdaten
Kundennutzen	Priorisierte technische Prüfung, konkrete Fragen an den Betreiber, belastbare nächste Schritte
Analysesystem	Morpheus AI
Auftraggeber	ESSCON AI Solutions GmbH

Inhaltsverzeichnis

Dokumentenhinweis und Aussagegrenzen 2

Inhaltsverzeichnis 3

Management Summary 8

Abbildung 1: Executive Signal Overview . . . 8

Wichtigste Betreiberentscheidungen 9

Datenbasis und Scope 10

Aussagekraft der aktuellen Analyse 11

Zentrale Parkbefunde 12

Abbildung 2: Verlustsignal über alle Anlagen . . . 12

Abbildung 3: Verlustdekomposition der Prioritätsanlagen . . . 12

Prioritätsdashboard 13

Abbildung 4: Cross-Signal-Heatmap der Prioritätsanlagen . . . 13

Cross-Signal-Priorisierung 15

Deep-Dive T15 16

T15 - Rolle im Parkbefund . . . 16

Faktenanker . . . 16

Abbildung: T15 Signalprofil . . . 16

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 16

Konkrete Prüfung . . . 16

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 16

Deep-Dive T06 17

T06 - Rolle im Parkbefund . . . 17

Faktenanker . . . 17

Abbildung: T06 Signalprofil . . . 17

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 17

Konkrete Prüfung . . . 17

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 17

Deep-Dive T10 18

T10 - Rolle im Parkbefund . . . 18

Faktenanker . . . 18

Abbildung: T10 Signalprofil . . . 18

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 18

Konkrete Prüfung . . . 18

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 18

Deep-Dive T07 **19**

T07 - Rolle im Parkbefund . . . 19

Faktenanker . . . 19

Abbildung: T07 Signalprofil . . . 19

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 19

Konkrete Prüfung . . . 19

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 19

Deep-Dive T11 **20**

T11 - Rolle im Parkbefund . . . 20

Faktenanker . . . 20

Abbildung: T11 Signalprofil . . . 20

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 20

Konkrete Prüfung . . . 20

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 20

Deep-Dive T12 **21**

T12 - Rolle im Parkbefund . . . 21

Faktenanker . . . 21

Abbildung: T12 Signalprofil . . . 21

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 21

Konkrete Prüfung . . . 21

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 21

Deep-Dive T14 **22**

T14 - Rolle im Parkbefund . . . 22

Faktenanker . . . 22

Abbildung: T14 Signalprofil . . . 22

Signalüberlagerung und technische Interpretation . . . 22

Konkrete Prüfung . . . 22

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze . . . 22

Gesamtflotte mit Ist-Werten **23**

Abbildung: Flottenmatrix aller Anlagen . . . 23

Einzelsteckbriefe aller Anlagen **24**

Steckbrief T01 . . . 24

Steckbrief T02 . . . 24

Steckbrief T04 . . . 24

Steckbrief T05 . . . 24

Steckbrief T06 . . . 24
Steckbrief T07 . . . 24
Steckbrief T08 . . . 24
Steckbrief T09 . . . 24
Steckbrief T10 . . . 25
Steckbrief T11 . . . 25
Steckbrief T12 . . . 25
Steckbrief T13 . . . 25
Steckbrief T14 . . . 25
Steckbrief T15 . . . 25

Zeitliche Einordnung der Befunde **26**

Datenqualität und Ausreißer **27**

Leistungskennlinie / Power Curve **28**
Abbildung: Leistungskennlinie / Power Curve . . . 28

Performance Deviation **29**

Performance Drift **30**

Early Fault / Frühindikatoren **31**

Yaw / Ausrichtung **32**
Abbildung: Yaw / Ausrichtung . . . 32

Wake- und Sektorkontext **33**
Abbildung: Wake- und Sektorkontext . . . 33

Meter Reconciliation **34**
Abbildung: Meter Reconciliation . . . 34

Curtailment / Begrenzung **35**
Abbildung: Curtailment / Begrenzung . . . 35

Loss Allocation **36**

Event- und Statusprüfung **37**
Abbildung: Event- und Statusprüfung . . . 37

Gap Disclosure Event/SCADA **38**

Wetterkontext und Wetter-Normalisierung **39**
Abbildung: Wetterkontext und Wetter-Normalisierung . . . 39

Wirtschaftliche Vorbewertung **40**

Zustands- und Referenzsignale / CM-Fraunhofer **41**

Operative Bedeutung für Betreiber **42**

Investorenperspektive **43**

Maßnahmenplan 0-8 Wochen **44**

Abbildung: Maßnahmen-Roadmap 0-8 Wochen 44

Datenanforderungen nächste Stufe **45**

Betreiber-Crosscheck-Fragen **46**

Methodik in Kundensprache **47**

Nachvollziehbarkeit und Prüfsummen **48**

Abschlussbewertung **49**

Anhang A: vollständige Ranglisten **50**

A.1 Verlust-Rangliste 50

A.2 Power-Curve-Rangliste 50

A.3 Wake-Rangliste 50

Anhang B: Tabellenbasis **51**

Anhang C: Aussagegrenzen und erlaubte Formulierungen **52**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T01 **53**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T02 **54**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T04 **55**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T05 **56**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T06 **57**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T07 **58**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T08 **59**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T09 **60**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T10 **61**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T11 **62**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T12 **63**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T13 **64**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T14 **65**

Anhang D - Event-/Statusmatrix T15 **66**

Anhang E - Anomalie-Fenster T15 **67**

Anhang E - Anomalie-Fenster T06 **68**

Anhang E - Anomalie-Fenster T10 **69**

Anhang E - Anomalie-Fenster T07 **70**

Anhang E - Anomalie-Fenster T11 **71**

Anhang E - Anomalie-Fenster T12 **72**

Anhang E - Anomalie-Fenster T14 **73**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T15 **74**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T06 **75**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T10 **76**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T07 **77**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T11 **78**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T12 **79**

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T14 **80**

Anhang G - Wetter- und Meter-Prüfkontext **81**

G.1 Wetterkandidaten 81

G.2 Meter-Reconciliation Stichprobe 82

Chartplan der finalen Satzstruktur **83**

Management Summary

Die Analyse zeigt für Penmanshiel Wind Farm eine klare, mehrdimensionale Prüfpriorisierung. Die stärksten technischen Signale liegen nicht in einer einzelnen Kennzahl, sondern in der Überlagerung von Verlustmenge, Nichtverfügbarkeit, Leistungskennlinie, Begrenzungsindikationen, Anomalien, Wake-/Sektorkontext und Ereignis-/Statusdaten.

Für den Betreiber ergibt sich daraus ein pragmatischer Prüfpfad: Zuerst sind T15, T06, T10 und T07 zu adressieren. T11, T12 und T14 bilden eine zweite Prüfstufe. Diese Reihenfolge priorisiert technische Klärung vor wirtschaftlicher Bewertung.

T15 steht für die Kombination aus Verlustmenge, Begrenzungs-/Curtailment-Indikation und aerodynamisch beziehungsweise regelungstechnisch auffälliger Performanceabweichung. T06 steht für ein Downtime-/Nichtverfügbarkeitscluster mit Anomalie- und Ausrichtungskontext. T10 verbindet Anomalien, Leistungskennlinie, Sensorik, Pitch/Yaw und Betriebszustände. T07 bleibt trotz geringerer Verlustmenge ein gezielter Ausrichtungs- und Sensorikprüffall.

Abbildung 1: Executive Signal Overview

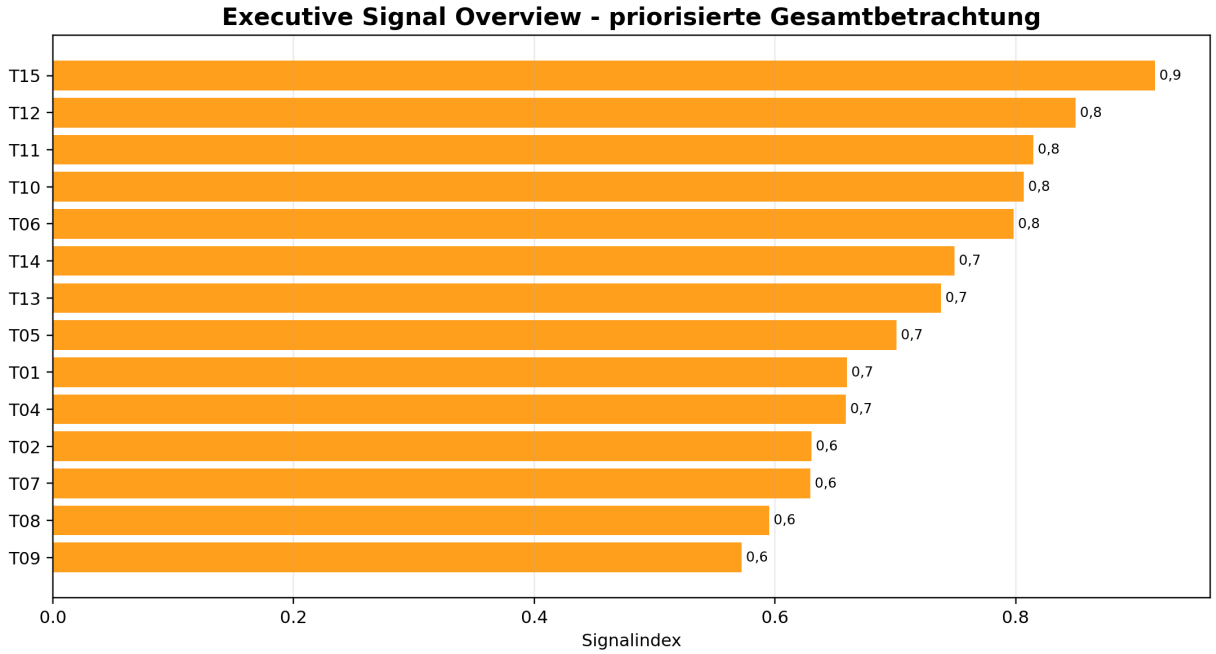

Abbildung 1: Executive Signal Overview. Die Grafik verdichtet die wichtigsten Signalfamilien in einem relativen Prioritätsindex. Relevanz: Sie zeigt, welche Anlagen zuerst in die technische Prüfung gehören. Aussagegrenze: Der Index ist eine technische Priorisierung und keine finale Ursachenbestätigung. Nächste Prüfung: Betreiber-Crosscheck zu Betriebsführung, Ereignissen und Wartungsstatus.

Methodikbox: Loss-Dekomposition und Additivitaet

Leseregel fuer Anlagen- und Flottenwerte

Die Loss-Dekomposition unterscheidet Downtime-nahe, Performance-nahe und Begrenzungs-/Curtailment-Signale. Diese Kategorien sind technisch nicht in jedem Fall strikt additiv.

Curtailment-Stunden und daraus abgeleitete Curtailment-MWh koennen anteilig in Downtime- oder Performance-nahe Verluste eingehen. Sie sind deshalb nicht als zusaetzlicher, vollstaendig unabhaengiger Posten zur Gesamt-Loss-Menge zu lesen.

Massgeblich ist der ausgewiesene Gesamt-Loss je Anlage. Die Dekomposition dient der technischen Pruefpriorisierung und der Auswahl des naechsten Betreiber-Crosschecks. Sie ersetzt keine kommerzielle Verlustabrechnung und keine finale wirtschaftliche Forderung.

Beispielhafte Lesart fuer T15

T15 verbindet Verlustmenge, Begrenzungs-/Curtailment-Indikation und aerodynamisch beziehungsweise regelungstechnisch auffaellige Performance-Signale. Die Curtailment-Indikation erhoeht die Pruefprioritaet, ist aber nicht automatisch als separater Zusatzverlust zur Gesamt-Loss-Menge zu addieren.

Wichtigste Betreiberentscheidungen

Der Bericht leitet aus den Daten keine pauschale Störungserzählung ab. Stattdessen wird eine klare Reihenfolge für operative Entscheidungen vorgeschlagen.

Rang	Anlage	Betreiberentscheidung
1	T15	Begrenzung, Verlustmenge, Leistungskennlinie und Betriebslogik gemeinsam prüfen
2	T06	Nichtverfügbarkeit und Ereignis-/Statuskontext vorrangig gegen Betriebsführung abgleichen
3	T10	Anomalie-, Sensorik-, Pitch-/Yaw- und Power-Curve-Kontext geschlossen prüfen
4	T07	Gezielte Ausrichtungs- und Sensorikprüfung trotz niedrigerer Verlustmenge
5	T11/T12/T14	Zweite Prüfstufe mit Downtime-, Performance-, Begrenzungs- und Ereignisfokus

Die empfohlene Prüfreihenfolge lautet: erst die Signalüberlagerungen, dann die Betreiberereignisse, danach die wirtschaftliche Bewertung.

Datenbasis und Scope

Die Datenbasis trägt einen technischen Betreiberbericht mit Aussagegrenzen. Die reportfähige Inhaltsebene umfasst 19 Analysebereiche, 9 Tabellen-Dateien und 128 strukturierte Auswertungsdateien. Die SCADA-Basis umfasst 144 Dateien und 36.914.426 Zeilen in einem Turbinen-Split-Layout.

Kennzahl	Wert
Windpark	Penmanshiel Wind Farm
Berichtsjahr / Datenfokus	Betriebsdaten bis 2025-Kontext, SCADA-Zeitraum gemäß geprüfter Datenbasis 2016 bis 2024
Anlagen im Flottenvergleich	14
SCADA-Dateien	144
SCADA-Zeilen gesamt	36.914.426
SCADA-Zeilen für wetterbezogene Prüfung	5.633.245
Wetterdateien	37
Zusammengeführte Wettermonate	34
Event-/Statusdaten	vorhanden und technisch anschlussfähig mit Gap Disclosure
Meterdaten	vorhanden, tägliche Reconciliation als Prüfkontext
Zustandsreferenzdaten	129 MAT-Dateien, Reference Mode

Aussagekraft der aktuellen Analyse

Die Analyse ist stark genug für eine Betreiberpriorisierung und für Investorenkommunikation über technische Prüfpfade. Sie ist nicht als abschließende Ursachenfeststellung formuliert.

- Stark tragfähig: technische Rangfolgen, Verlustsignale, SCADA-Signale, Statuskategorien, Wetterprüfkontext.
- Prüfpflichtig: finale Ursache-Wirkungs-Bestätigung, wetterbereinigte Kausalität, Ereigniszuordnung je Einzelfall.
- Nicht als finale Aussage freigegeben: Geldforderung, Betreiberhaftung, kundenspezifische Komponentendiagnose.

Zentrale Parkbefunde

Im vorliegenden Datensatz zeigt sich kein Einzelsignal, das isoliert die gesamte Betreiberentscheidung tragen sollte. Der Wert des Berichts liegt in der Bündelung der technischen Signalfamilien.

Abbildung 2: Verlustsignal über alle Anlagen

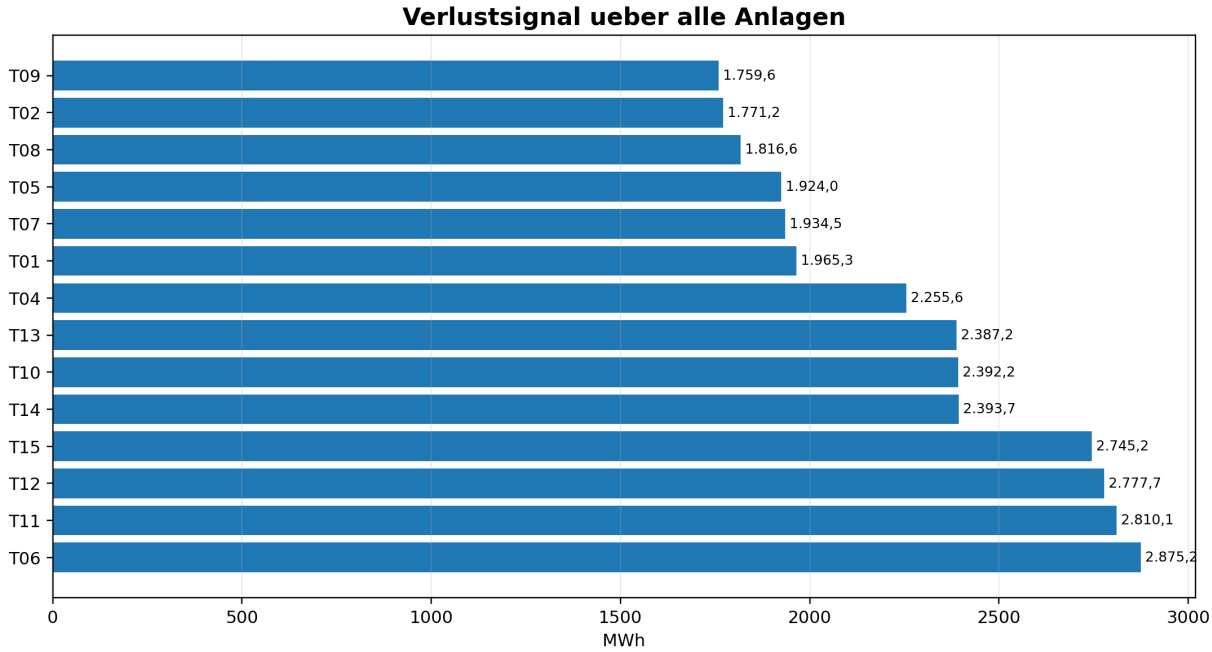

Abbildung 2: Verlustsignal über alle Anlagen. Die Grafik zeigt die technische Verlustmenge je Anlage. Relevanz: Sie macht sichtbar, welche Anlagen die größte energieseitige Aufmerksamkeit benötigen. Aussagegrenze: Die Verlustmenge ist keine Geldforderung und keine finale Ursachenangabe. Nächste Prüfung: Abgleich mit Stillstandsgründen, Vertragsstatus und Betriebsführung.

Abbildung 3: Verlustdekomposition der Prioritätsanlagen

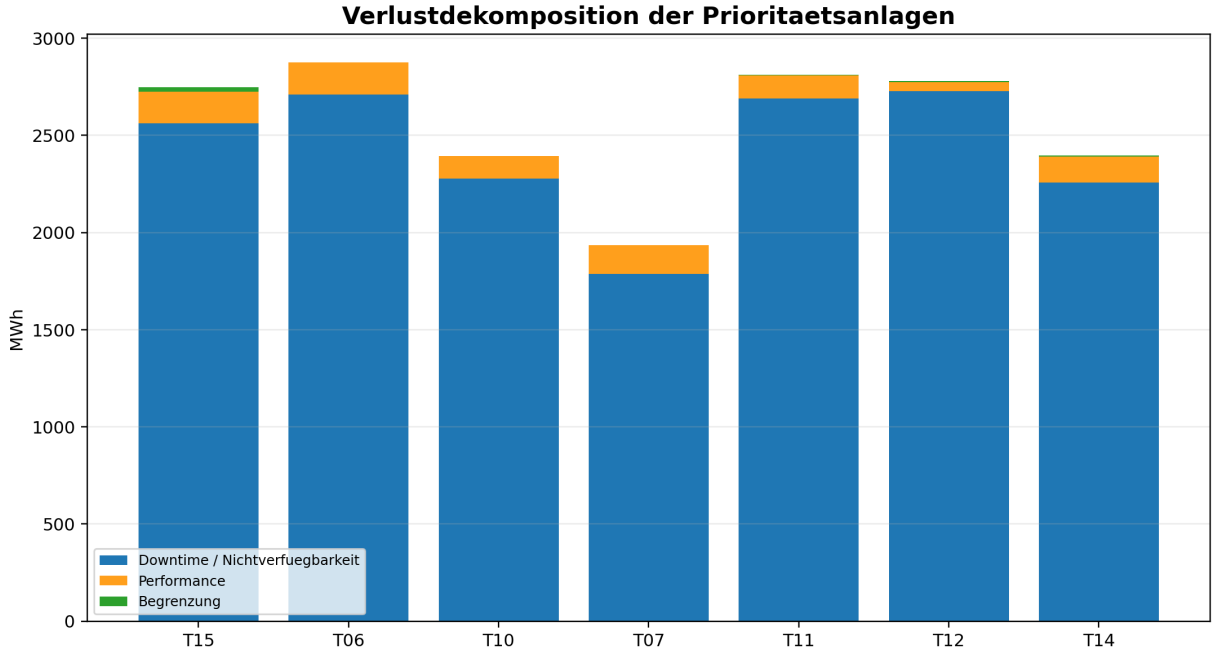

Abbildung 3: Verlustdekomposition der Prioritätsanlagen. Die Grafik trennt Downtime, Performance und Begrenzungssignal. Relevanz: Sie zeigt, ob die Prüfung eher betriebs-, leistungs- oder begrenzungsseitig beginnen sollte. Aussagegrenze: Die Komponenten sind technische Indikatoren. Nächste Prüfung: Prüfung von Ereignisprotokollen und technischen Verfügbarkeitsnachweisen.

Prioritätsdashboard

Das Prioritätsdashboard führt die Betreiberperspektive zusammen. Es bewertet, welche Anlage mehrere prüfungsrelevante Signale gleichzeitig trägt.

Abbildung 4: Cross-Signal-Heatmap der Prioritätsanlagen

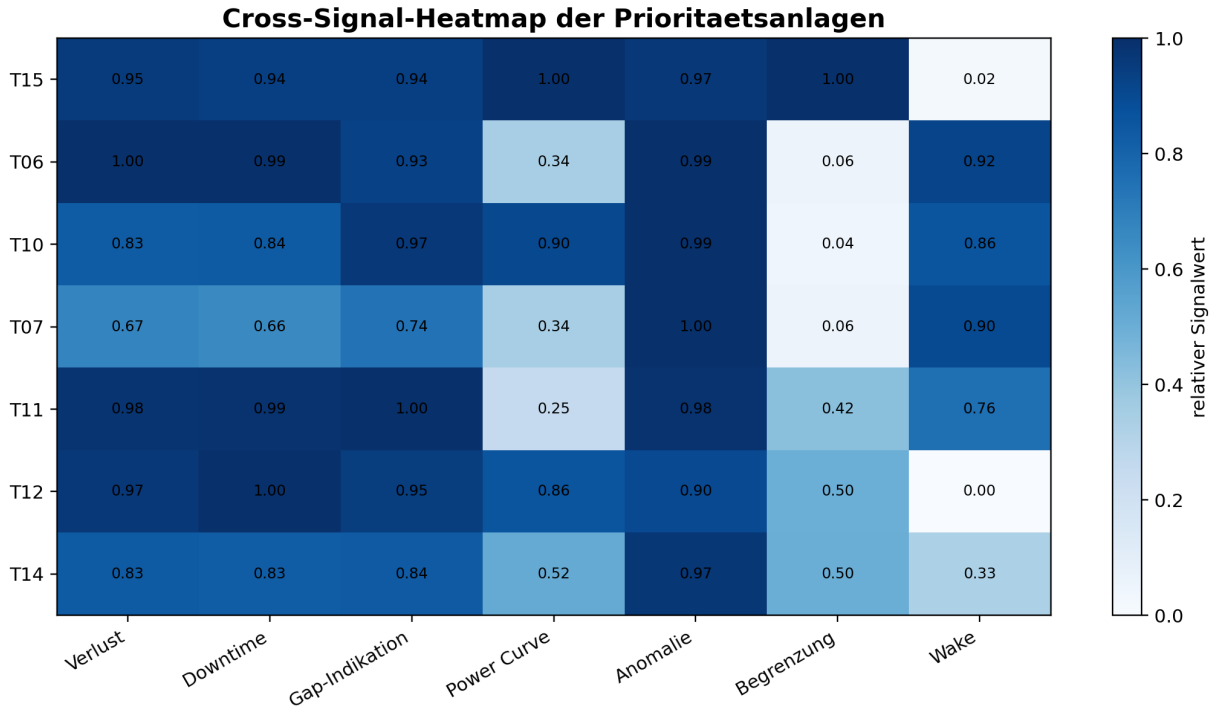

Abbildung 4: Cross-Signal-Heatmap der Prioritätsanlagen. Die Heatmap zeigt relative Signalwerte je Signalfamilie. Relevanz: Sie begründet, warum eine Anlage trotz niedrigerem Einzelverlust in die Prüfung gehören kann. Aussagegrenze: Die Heatmap ist eine Priorisierung. Nächste Prüfung: Vertiefte Betreiberprüfung nach Signalfamilie.

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curtailment h	Power Curve	Anomaly Peak	Wake	Rolle
T15	2.745,2	2.562,7	160,9	60,5	4,25	96,6	0,04	Prioritaetsanlage fuer kombinierte Begrenzungs-, Verlust- und Leistungskennlinienpruefung
T06	2.875,2	2.709,3	165,7	3,50	1,46	99,2	1,66	Prioritaetsanlage fuer Nichtverfuegbarkeits- und Ereignispruefung mit Anomalie-/Ausrichtungskontext
T10	2.392,2	2.277,6	114,5	2,50	3,84	99,4	1,55	Prioritaetsanlage fuer Anomalie-, Leistungskennlinien-, Sensorik- und Betriebszustandspruefung
T07	1.934,5	1.788,1	146,3	3,50	1,46	100,0	1,62	Gezielter technischer Ausrichtungs- und Sensorikprueffall trotz niedrigerer Verlustmenge

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curtailment h	Power Curve	Anomaly Peak	Wake	Rolle
T11	2.810,1	2.689,7	117,6	25,5	1,07	98,5	1,37	Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung
T12	2.777,7	2.727,3	46,8	30,2	3,64	90,0	0,00	Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung
T14	2.393,7	2.258,2	132,0	30,3	2,19	97,0	0,59	Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung

Cross-Signal-Priorisierung

Die Cross-Signal-Priorisierung verhindert eine rein lineare Rangliste. Eine Anlage mit hoher Verlustmenge kann eine andere Prüfart erfordern als eine Anlage mit starkem Anomaliepeak oder auffälliger Leistungskennlinie.

Anlage	Index	Loss MWh	Downtime MWh	Gap kWh	Curt. h	PC	Anom.	Wake
T15	0,92	2.745,2	2.562,7	3.301.759,3	60,5	4,25	96,6	0,04
T12	0,85	2.777,7	2.727,3	3.329.485,3	30,2	3,64	90,0	0,00
T11	0,81	2.810,1	2.689,7	3.515.824,0	25,5	1,07	98,5	1,37
T10	0,81	2.392,2	2.277,6	3.401.859,0	2,50	3,84	99,4	1,55
T06	0,80	2.875,2	2.709,3	3.279.792,8	3,50	1,46	99,2	1,66
T14	0,75	2.393,7	2.258,2	2.943.000,3	30,3	2,19	97,0	0,59
T13	0,74	2.387,2	2.276,2	2.885.723,9	28,2	2,11	96,3	0,52
T05	0,70	1.924,0	1.734,9	3.412.445,9	2,83	2,74	98,5	1,81
T01	0,66	1.965,3	1.808,4	3.218.277,8	3,17	2,79	97,7	0,26
T04	0,66	2.255,6	2.083,8	2.846.888,9	2,83	2,12	97,8	0,00
T02	0,63	1.771,2	1.611,0	3.421.450,1	3,50	2,54	98,9	0,20
T07	0,63	1.934,5	1.788,1	2.611.506,8	3,50	1,46	100,0	1,62
T08	0,60	1.816,6	1.702,4	3.344.750,3	3,33	1,37	99,2	0,09
T09	0,57	1.759,6	1.673,9	2.060.900,2	2,83	1,14	99,5	1,64

Deep-Dive T15

T15 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Prioritaetsanlage fuer kombinierte Begrenzungs-, Verlust- und Leistungskennlinienpruefung.

T15 darf nicht als reiner Begrenzungsfall verkürzt werden. Die Anlage verbindet drei Risikoklassen: produktionsrelevante Verlustmenge, betriebliche Begrenzungs-/Curtailment-Indikation und aerodynamisch beziehungsweise regelungstechnisch auffällige Performanceabweichung.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T15	2.745,2	2.562,7	160,9	60,5	3.301.759,3	4,25	96,6	27.691	0,04

Abbildung: T15 Signalprofil

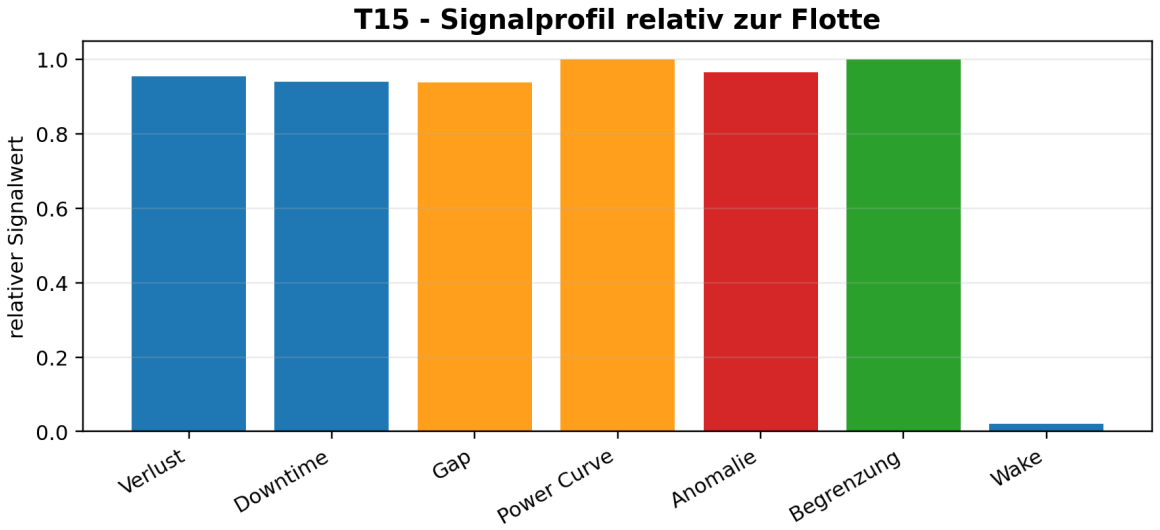

Abbildung: T15 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T15 zeigt Loss 2.745,2 MWh, Downtime 2.562,7 MWh, Performance-Komponente 160,9 MWh, einen Power-Curve-Score von 4,25 und einen Anomalie-Peak von 96,62.

Für T15 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

- Stillstands- und Nichtverfügbarkeitsbuchung gegen Betriebsführung prüfen.
- Begrenzungslogik, technische Curtailment-Kategorien und Netz-/Constraint-Hinweise prüfen.
- Power-Curve-Bänder, Pitch-Verhalten und Windgeschwindigkeitsmessung prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Deep-Dive T06

T06 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Prioritaetsanlage fuer Nichtverfuegbarkeits- und Ereignispruefung mit Anomalie-/Ausrichtungskontext.

T06 darf nicht nur als höchster Einzelverlust dargestellt werden. Die Anlage ist ein Cluster aus Downtime beziehungsweise Nichtverfügbarkeit plus Anomalie- und Ausrichtungskontext.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T06	2.875,2	2.709,3	165,7	3,50	3.279.792,8	1,46	99,2	27.496	1,66

Abbildung: T06 Signalprofil

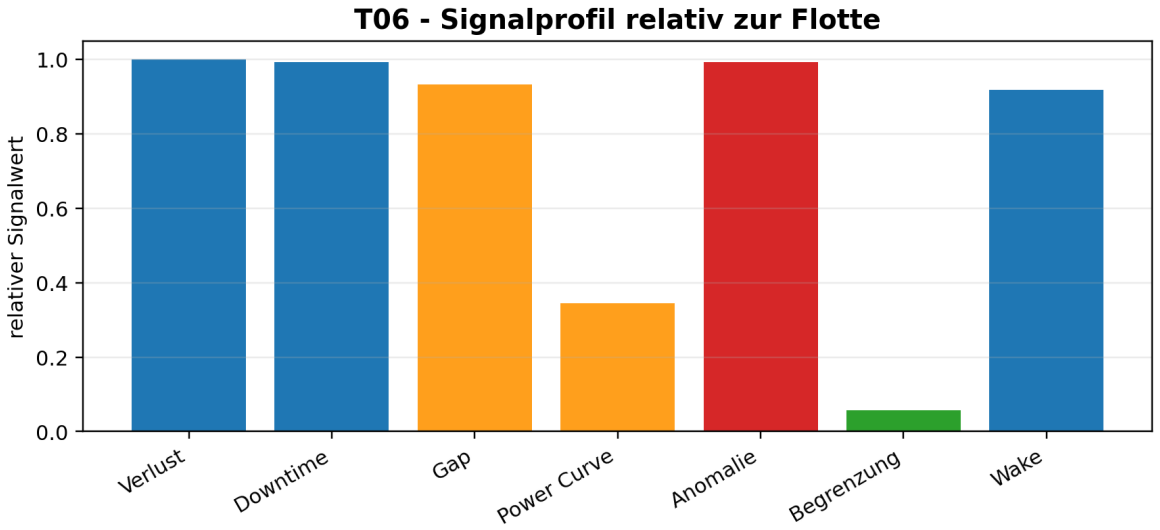

Abbildung: T06 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T06 zeigt Loss 2.875,2 MWh, Downtime 2.709,3 MWh, Performance-Komponente 165,7 MWh, einen Power-Curve-Score von 1,46 und einen Anomalie-Peak von 99,23.

Für T06 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

• Stillstands- und Nichtverfügbarkeitsbuchung gegen Betriebsführung prüfen.

• Anomaliezeitfenster und Sensorikkanäle priorisiert gegen Ereignisse prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Deep-Dive T10

T10 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Prioritaetsanlage fuer Anomalie-, Leistungskennlinien-, Sensorik- und Betriebszustandspruefung.

T10 verbindet Anomalien, Leistungskennlinie, Sensorik, Pitch/Yaw und Betriebszustände. Der technische Wert liegt in der gemeinsamen Betrachtung dieser Signale.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T10	2.392,2	2.277,6	114,5	2,50	3.401.859,0	3,84	99,4	28.290	1,55

Abbildung: T10 Signalprofil

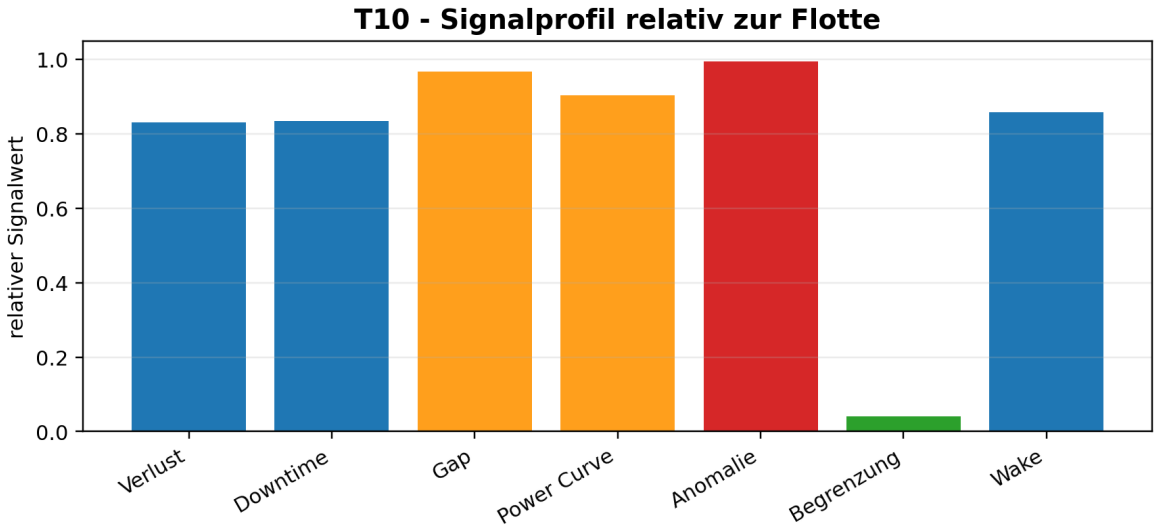

Abbildung: T10 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T10 zeigt Loss 2.392,2 MWh, Downtime 2.277,6 MWh, Performance-Komponente 114,5 MWh, einen Power-Curve-Score von 3,84 und einen Anomalie-Peak von 99,43.

Für T10 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

- Power-Curve-Bänder, Pitch-Verhalten und Windgeschwindigkeitsmessung prüfen.
- Anomaliezeitfenster und Sensorikkanäle priorisiert gegen Ereignisse prüfen.
- Yaw-/Ausrichtungsdaten und Nacelle-Positionierung prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Deep-Dive T07

T07 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Gezielter technischer Ausrichtungs- und Sensorikprueffall trotz niedrigerer Verlustmenge.

T07 wird trotz geringerer Verlustmenge als technisches Risiko geführt. Der Anomaliescore und die Yaw-Spitzen rechtfertigen eine gezielte Ausrichtungs- und Sensorikprüfung.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T07	1.934,5	1.788,1	146,3	3,50	2.611.506,8	1,46	100,0	29.693	1,62

Abbildung: T07 Signalprofil

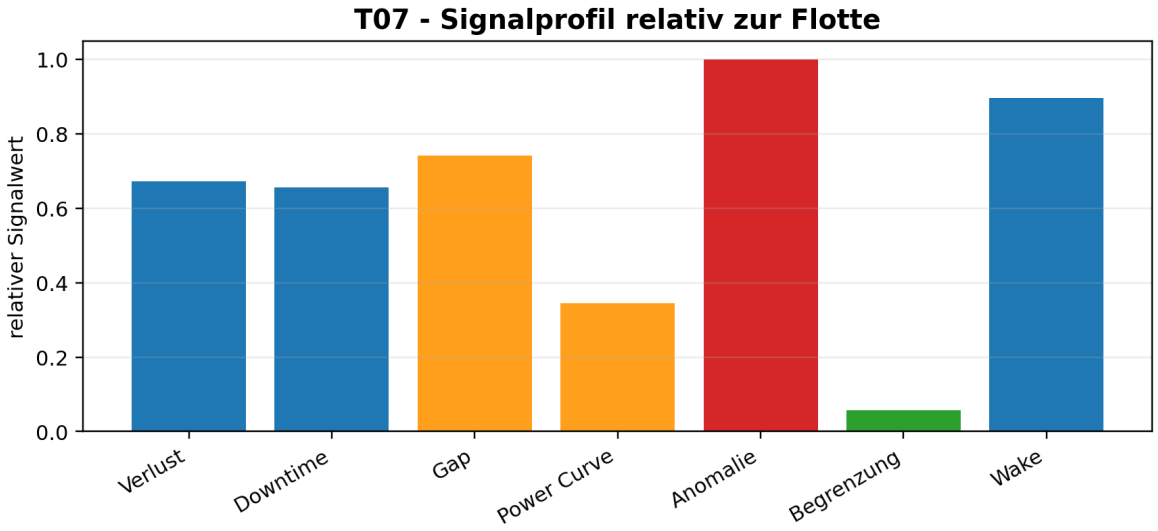

Abbildung: T07 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T07 zeigt Loss 1.934,5 MWh, Downtime 1.788,1 MWh, Performance-Komponente 146,3 MWh, einen Power-Curve-Score von 1,46 und einen Anomalie-Peak von 100,00.

Für T07 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

• Anomaliezeitfenster und Sensorikkanäle priorisiert gegen Ereignisse prüfen.

• Yaw-/Ausrichtungsdaten und Nacelle-Positionierung prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Deep-Dive T11

T11 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung.

T11 gehört zur zweiten Prüfstufe. Die Anlage wird differenziert nach Downtime, Begrenzung, Performance, Ereignisprüfung und Wake-/Sektorkontext betrachtet.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T11	2.810,1	2.689,7	117,6	25,5	3.515.824,0	1,07	98,5	28.808	1,37

Abbildung: T11 Signalprofil

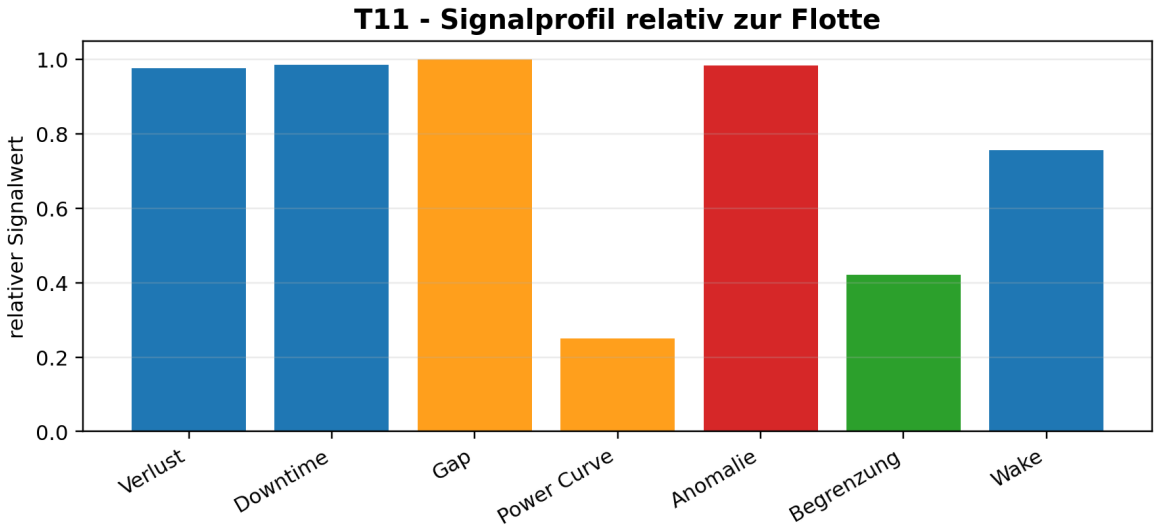

Abbildung: T11 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T11 zeigt Loss 2.810,1 MWh, Downtime 2.689,7 MWh, Performance-Komponente 117,6 MWh, einen Power-Curve-Score von 1,07 und einen Anomalie-Peak von 98,49.

Für T11 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

- Stillstands- und Nichtverfügbarkeitsbuchung gegen Betriebsführung prüfen.
- Begrenzungslogik, technische Curtailment-Kategorien und Netz-/Constraint-Hinweise prüfen.
- Anomaliezeitfenster und Sensorikkanäle priorisiert gegen Ereignisse prüfen.
- Yaw-/Ausrichtungsdaten und Nacelle-Positionierung prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Deep-Dive T12

T12 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung.

T12 gehört zur zweiten Prüfstufe. Die Anlage wird differenziert nach Downtime, Begrenzung, Performance, Ereignisprüfung und Wake-/Sektorkontext betrachtet.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T12	2.777,7	2.727,3	46,8	30,2	3.329.485,3	3,64	90,0	27.898	0,00

Abbildung: T12 Signalprofil

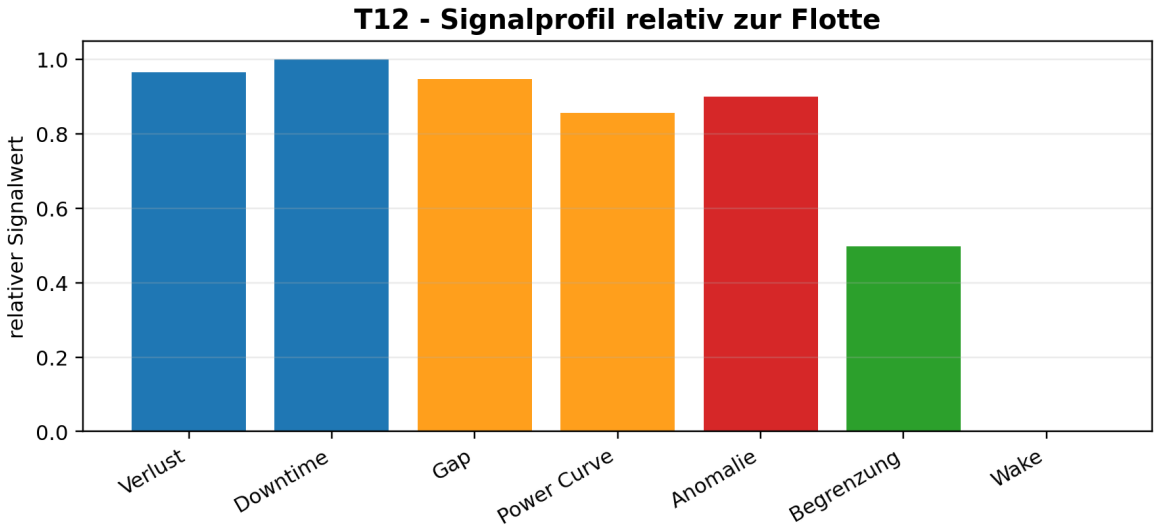

Abbildung: T12 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T12 zeigt Loss 2.777,7 MWh, Downtime 2.727,3 MWh, Performance-Komponente 46,8 MWh, einen Power-Curve-Score von 3,64 und einen Anomalie-Peak von 90,01.

Für T12 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

- Stillstands- und Nichtverfügbarkeitsbuchung gegen Betriebsführung prüfen.
- Begrenzungslogik, technische Curtailment-Kategorien und Netz-/Constraint-Hinweise prüfen.
- Power-Curve-Bänder, Pitch-Verhalten und Windgeschwindigkeitsmessung prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Deep-Dive T14

T14 - Rolle im Parkbefund

Rolle im Parkbefund: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung.

T14 gehört zur zweiten Prüfstufe. Die Anlage wird differenziert nach Downtime, Begrenzung, Performance, Ereignisprüfung und Wake-/Sektorkontext betrachtet.

Faktenanker

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	Gap kWh	PC	Anom. Peak	Yaw-Anom.	Wake
T14	2.393,7	2.258,2	132,0	30,3	2.943.000,3	2,19	97,0	28.467	0,59

Abbildung: T14 Signalprofil

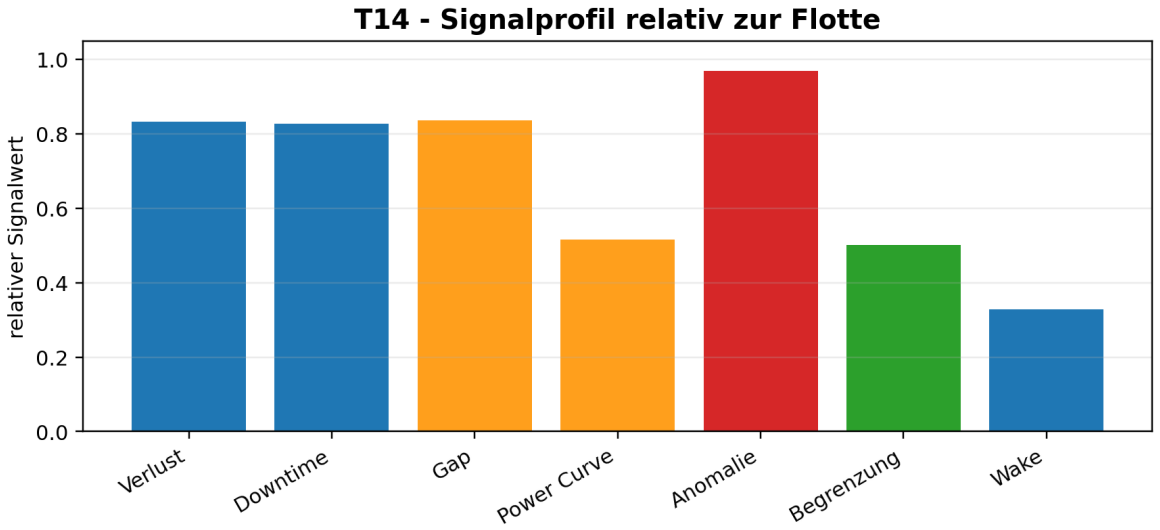

Abbildung: T14 Signalprofil. Das Profil zeigt die relative Lage der Anlage in den wesentlichen Signalfamilien. Relevanz: Es unterstützt die Auswahl des richtigen Prüfpfads. Aussagegrenze: Das Profil ist keine finale Defektbestätigung. Nächste Prüfung: Abgleich mit Betreiberereignissen und Wartungsunterlagen.

Signalüberlagerung und technische Interpretation

Die Signalüberlagerung bei T14 zeigt Loss 2.393,7 MWh, Downtime 2.258,2 MWh, Performance-Komponente 132,0 MWh, einen Power-Curve-Score von 2,19 und einen Anomalie-Peak von 97,00.

Für T14 ist die technische Interpretation als Prüfpfad zu formulieren. Die Datenbasis trägt eine Priorisierung, aber keine finale Ursachenbehauptung. Besonders relevant ist, ob die auffälligen Zeitfenster mit Betreiberereignissen, Stillstandsgründen, Schalthandlungen, Serviceeinsätzen oder netz-/betriebsbedingten Vorgaben zusammenfallen.

Konkrete Prüfung

• Begrenzungslogik, technische Curtailment-Kategorien und Netz-/Constraint-Hinweise prüfen.

• Yaw-/Ausrichtungsdaten und Nacelle-Positionierung prüfen.

Datenbedarf, Betreiberbedeutung und Aussagegrenze

Datenbedarf: Ereignisprotokolle, Stillstandsgründe, Wartungsnachweise, Betriebsführungsnotizen, Parametrierung der Begrenzungslogik und gegebenenfalls Sensorkalibrierungen.

Betreiberbedeutung: Entscheidend ist die Schnittmenge aus energieseitigem Gewicht, Betriebszustand, Signalkonsistenz und prüfbarer Handlung.

Investorenbedeutung: Der Befund stützt eine risikoorientierte Asset-Management-Priorität, ohne aus den technischen Indikatoren bereits eine wirtschaftliche Forderung abzuleiten.

Aussagegrenze: Eine abschließende Ursachenbestätigung erfordert Betreiber-Crosscheck und, soweit wirtschaftliche Aussagen gewünscht sind, validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.

Gesamtflotte mit Ist-Werten

Die Flottenmatrix zeigt alle ausgewerteten Anlagen mit Ist-Werten. Sie ist die zentrale Kontrolltabelle des Berichts und verhindert, dass nur einzelne Prioritätsanlagen betrachtet werden.

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Perf. MWh	Curt. h	Curt. kWh	PC	Anom. Peak	Anom. ges.	Wake	Upstream
T01	1.965,3	1.808,4	156,7	3,17	1.161,5	2,79	97,7	42.674	0,26	Penmanshiel 08
T02	1.771,2	1.611,0	160,0	3,50	1.170,4	2,54	98,9	46.695	0,20	Penmanshiel 10
T04	2.255,6	2.083,8	171,7	2,83	1.039,3	2,12	97,8	46.718	0,00	Penmanshiel 08
T05	1.924,0	1.734,9	189,0	2,83	1.163,1	2,74	98,5	45.406	1,81	Penmanshiel 01
T06	2.875,2	2.709,3	165,7	3,50	1.201,0	1,46	99,2	51.094	1,66	Penmanshiel 01
T07	1.934,5	1.788,1	146,3	3,50	1.213,8	1,46	100,0	66.827	1,62	Penmanshiel 02
T08	1.816,6	1.702,4	114,1	3,33	811,6	1,37	99,2	44.167	0,09	Penmanshiel 12
T09	1.759,6	1.673,9	85,7	2,83	935,3	1,14	99,5	70.793	1,64	Penmanshiel 04
T10	2.392,2	2.277,6	114,5	2,50	1.052,1	3,84	99,4	74.011	1,55	Penmanshiel 14
T11	2.810,1	2.689,7	117,6	25,5	4.288,8	1,07	98,5	47.567	1,37	Penmanshiel 15
T12	2.777,7	2.727,3	46,8	30,2	5.467,3	3,64	90,0	36.429	0,00	Penmanshiel 13
T13	2.387,2	2.276,2	107,5	28,2	5.079,7	2,11	96,3	41.305	0,52	Penmanshiel 08
T14	2.393,7	2.258,2	132,0	30,3	5.395,7	2,19	97,0	44.196	0,59	Penmanshiel 09
T15	2.745,2	2.562,7	160,9	60,5	23.857,3	4,25	96,6	42.366	0,04	Penmanshiel 07

Abbildung: Flottenmatrix aller Anlagen

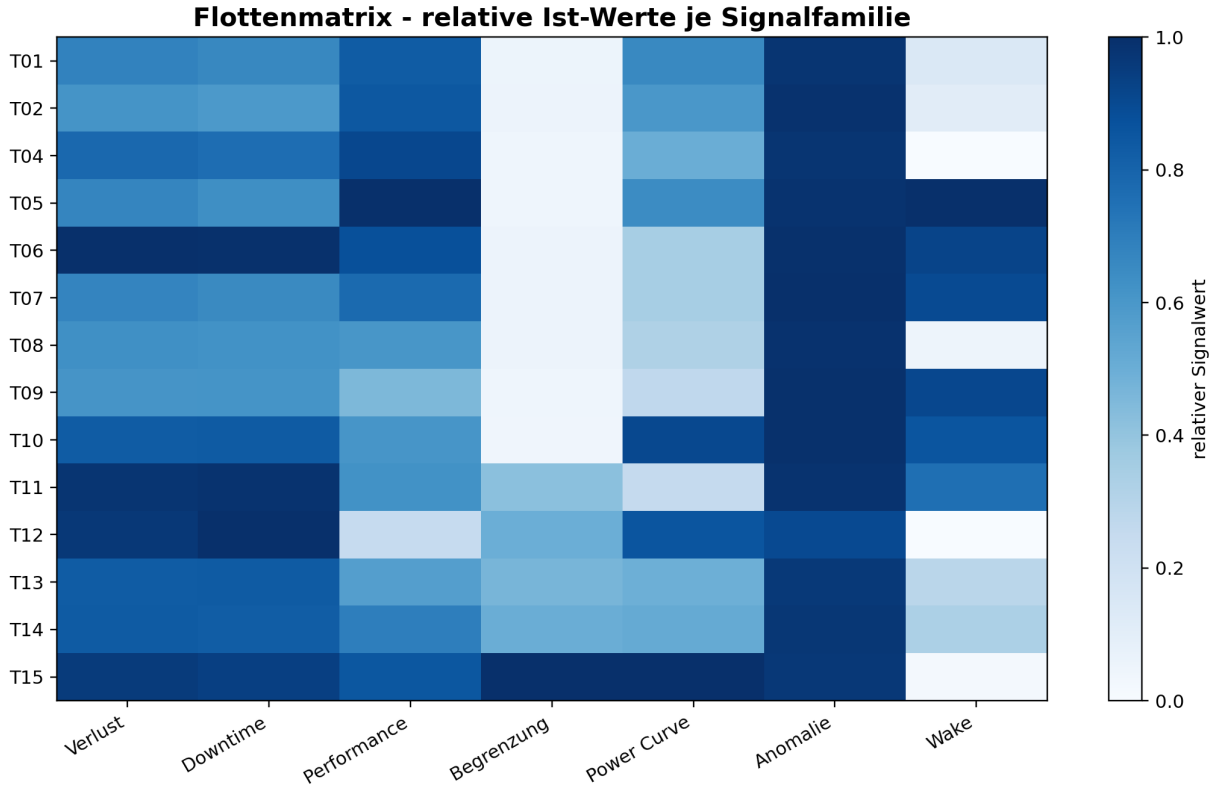

Abbildung: Flottenmatrix aller Anlagen. Die Grafik fasst relative Ist-Werte über alle Anlagen zusammen. Relevanz: Sie zeigt die Flottenbreite und die zweite Prüfstufe. Aussagegrenze: Relative Werte ersetzen keine absolute Ursachenprüfung. Nächste Prüfung: Anlagenspezifische Plausibilisierung.

Einzelsteckbriefe aller Anlagen

Die folgenden Steckbriefe erfassen jede Anlage mit Rolle, Faktenanker und nächstem Prüfpfad.

Steckbrief T01

Rolle: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
1.965,3	1.808,4	156,7	3,17	2,79	97,7	0,26

Empfohlener Prüfpfad: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T02

Rolle: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
1.771,2	1.611,0	160,0	3,50	2,54	98,9	0,20

Empfohlener Prüfpfad: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T04

Rolle: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.255,6	2.083,8	171,7	2,83	2,12	97,8	0,00

Empfohlener Prüfpfad: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T05

Rolle: Wake-/Sektorpruefung und Flottenvergleich.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
1.924,0	1.734,9	189,0	2,83	2,74	98,5	1,81

Empfohlener Prüfpfad: Wake-/Sektorpruefung und Flottenvergleich. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T06

Rolle: Prioritaetsanlage fuer Nichtverfuegbarkeits- und Ereignispruefung mit Anomalie-/Ausrichtungskontext.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.875,2	2.709,3	165,7	3,50	1,46	99,2	1,66

Empfohlener Prüfpfad: Prioritaetsanlage fuer Nichtverfuegbarkeits- und Ereignispruefung mit Anomalie-/Ausrichtungskontext. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T07

Rolle: Gezielter technischer Ausrichtungs- und Sensorikprueffall trotz niedrigerer Verlustmenge.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
1.934,5	1.788,1	146,3	3,50	1,46	100,0	1,62

Empfohlener Prüfpfad: Gezielter technischer Ausrichtungs- und Sensorikprueffall trotz niedrigerer Verlustmenge. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T08

Rolle: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
1.816,6	1.702,4	114,1	3,33	1,37	99,2	0,09

Empfohlener Prüfpfad: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T09

Rolle: Wake-/Sektorpruefung und Flottenvergleich.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
1.759,6	1.673,9	85,7	2,83	1,14	99,5	1,64

Empfohlener Prüfpfad: Wake-/Sektorpruefung und Flottenvergleich. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T10

Rolle: Prioritaetsanlage fuer Anomalie-, Leistungskennlinien-, Sensorik- und Betriebszustandspruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.392,2	2.277,6	114,5	2,50	3,84	99,4	1,55

Empfohlener Prüfpfad: Prioritaetsanlage fuer Anomalie-, Leistungskennlinien-, Sensorik- und Betriebszustandspruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T11

Rolle: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.810,1	2.689,7	117,6	25,5	1,07	98,5	1,37

Empfohlener Prüfpfad: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T12

Rolle: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.777,7	2.727,3	46,8	30,2	3,64	90,0	0,00

Empfohlener Prüfpfad: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T13

Rolle: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.387,2	2.276,2	107,5	28,2	2,11	96,3	0,52

Empfohlener Prüfpfad: Flottenvergleich und Datenqualitaetspruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T14

Rolle: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.393,7	2.258,2	132,0	30,3	2,19	97,0	0,59

Empfohlener Prüfpfad: Zweite Pruefstufe mit differenzierter Downtime-, Begrenzungs-, Performance- und Ereignisbetrachtung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Steckbrief T15

Rolle: Prioritaetsanlage fuer kombinierte Begrenzungs-, Verlust- und Leistungskennlinienpruefung.

Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. h	PC	Anom. Peak	Wake
2.745,2	2.562,7	160,9	60,5	4,25	96,6	0,04

Empfohlener Prüfpfad: Prioritaetsanlage fuer kombinierte Begrenzungs-, Verlust- und Leistungskennlinienpruefung. Der nächste Schritt ist der Abgleich der auffälligen Signale mit Ereignisstatus, Stillstandsgründen und Betreiberwissen.

Zeitliche Einordnung der Befunde

Die zeitliche Einordnung zeigt, dass die Befunde nicht als Momentaufnahme gelesen werden sollten. Einzelne Auswertungen arbeiten mit vollständiger SCADA-Basis, andere mit Stichproben- oder validierten Prüfkontexten. Entscheidend ist die Konsistenz der Signale über mehrere Analysefamilien.

Datenqualität und Ausreißer

Die Datenqualität reicht für eine technische Betreiberpriorisierung. Die SCADA-Signale enthalten Zeitstempel, Leistung, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Gondelposition, Temperatur und Energie. Ausreißer werden nicht als Fehler weggewischt, sondern als Prüfhinweise geführt.

Leistungskennlinie / Power Curve

Die Leistungskennlinie ist eine der zentralen technischen Signalfamilien. T15, T10 und T12 stehen in der Power-Curve-Rangliste vorn. Für diese Anlagen ist eine Prüfung von Windmessung, Pitch-Regelung, Betriebszuständen und Datenfenstern sinnvoll.

Anlage	Score	Median-Abw.	Mean-Abw.	Bins
T15	4,25	0,04	0,18	60
T10	3,84	0,04	0,11	60
T12	3,64	0,04	0,13	60
T01	2,79	0,03	0,12	60
T05	2,74	0,03	0,07	60
T02	2,54	0,03	0,11	60
T14	2,19	0,02	0,56	60
T04	2,12	0,02	0,13	60
T13	2,11	0,02	13,7	60
T07	1,46	0,01	0,09	60
T06	1,46	0,01	0,25	60
T08	1,37	0,01	0,11	59
T09	1,14	0,01	0,08	59
T11	1,07	0,01	0,42	60

Abbildung: Leistungskennlinie / Power Curve

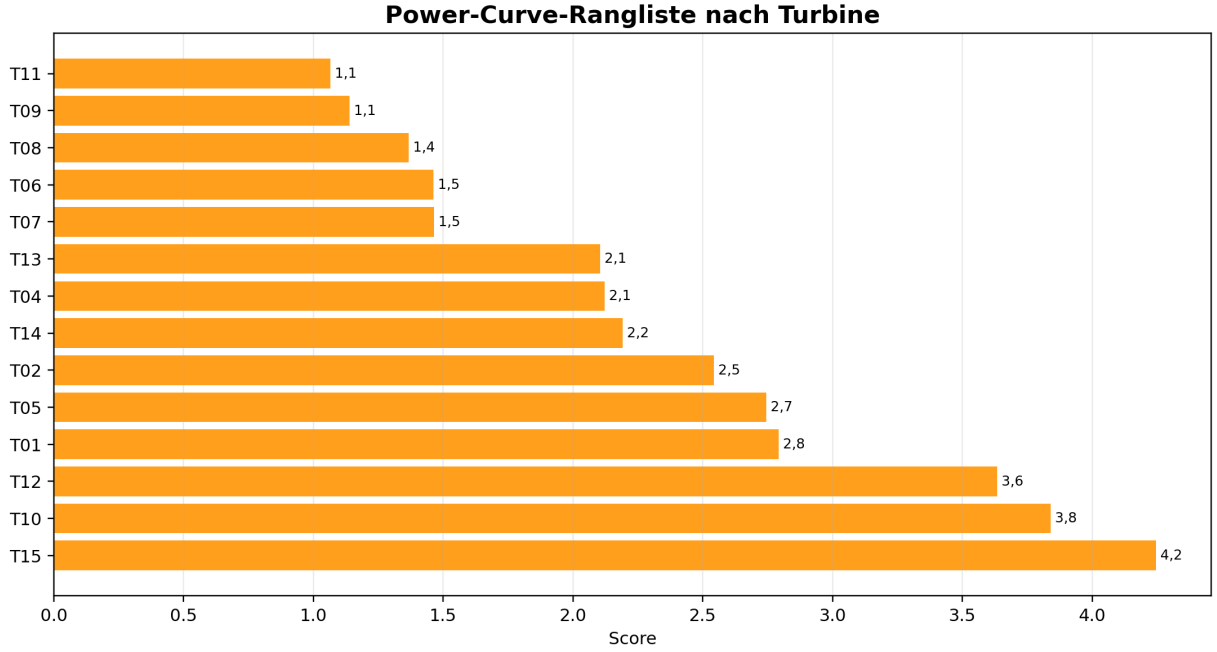

Abbildung: Leistungskennlinie / Power Curve. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Performance Deviation

Performance-Abweichungen sind besonders dann relevant, wenn sie mit Verlustmenge, Anomalien oder Ereignisstatus zusammenfallen. Im Bericht werden sie nicht als finale Minderleistung behauptet, sondern als Prüfpfad für technische Betriebsführung und Betreiber-Crosscheck.

Performance Drift

Drift-Befunde sind für den Betreiber vor allem als Verlaufssignal relevant. Sie sollen zeigen, ob eine Anlage gegenüber der Flotte über Zeit aus dem Rahmen läuft. Eine finale technische Bewertung benötigt die Zuordnung zu Wartungs- und Ereigniszeiträumen.

Early Fault / Frühindikatoren

Frühindikatoren werden als technische Warnsignale behandelt. Sie sind besonders wertvoll, wenn sie mit Anomaliepeaks, Yaw-Signalen, Pitch-Verhalten oder Leistungskennlinienabweichungen gekoppelt auftreten.

Yaw / Ausrichtung

Yaw- und Ausrichtungssignale sind für T07 und T10 besonders wichtig. Die Datenbasis rechtfertigt gezielte Prüfung, aber keine finale Komponentendiagnose. Entscheidend sind Sensorkalibrierung, Nacelle-Positionierung, Windrichtungsdaten und Abgleich mit Betriebszuständen.

Abbildung: Yaw / Ausrichtung

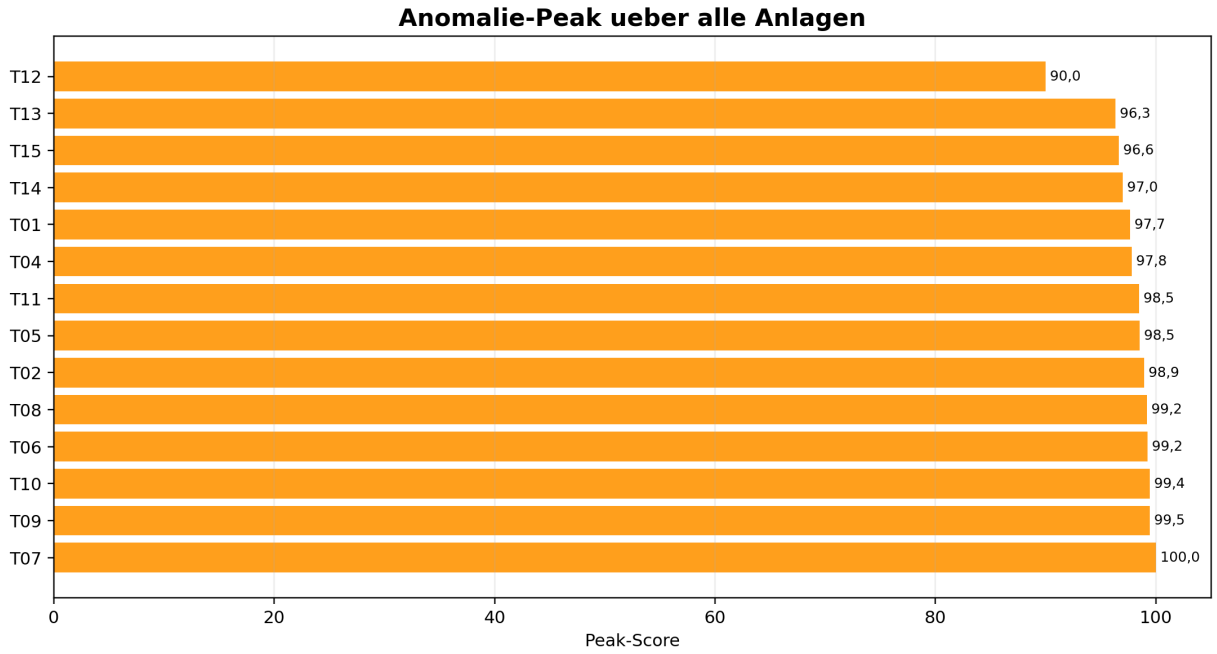

Abbildung: Yaw / Ausrichtung. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Wake- und Sektorkontext

Der Wake-/Sektorkontext zeigt, wo aerodynamische Interaktionen als Prüfhinweis auftreten. Die Werte sind als Indikator zu lesen, nicht als endgültige Wake-Kausalität.

Abbildung: Wake- und Sektorkontext

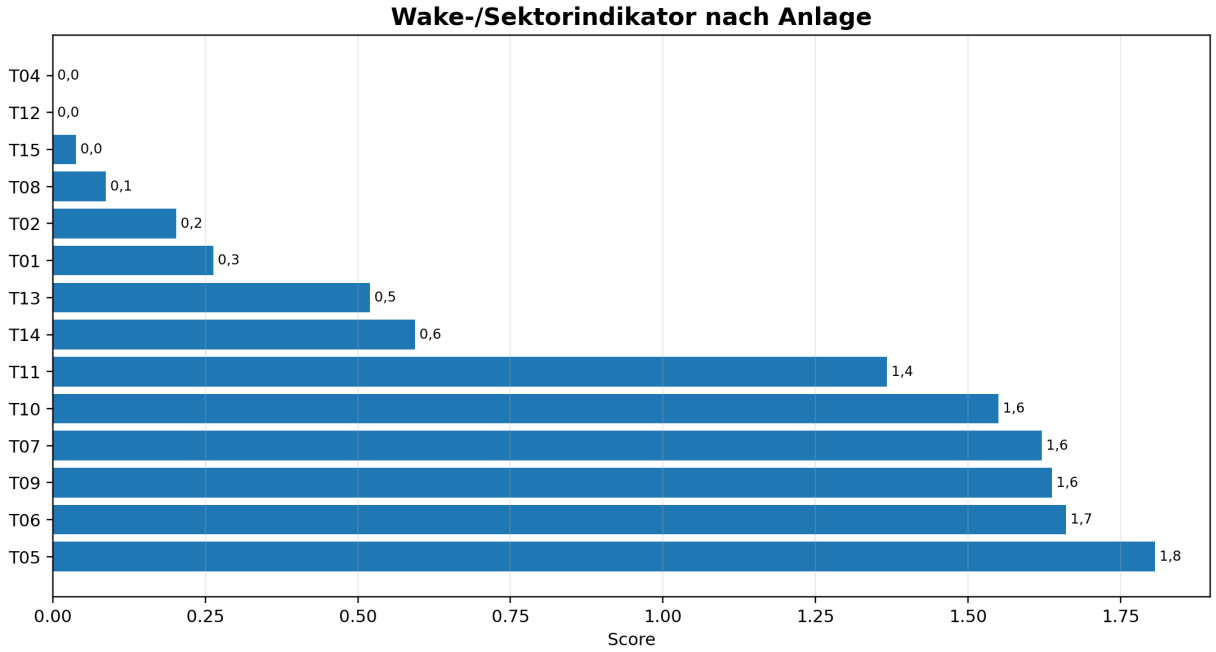

Abbildung: Wake- und Sektorkontext. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Meter Reconciliation

Die Meter-Reconciliation dient als Plausibilitätsbrücke zwischen SCADA-Energie und Mess-/Abrechnungsnähe. Auffällige Differenzen sollten nicht monetär interpretiert werden, bevor Messkonzept, Zählerdefinitionen und Vertragslogik bestätigt sind.

Abbildung: Meter Reconciliation

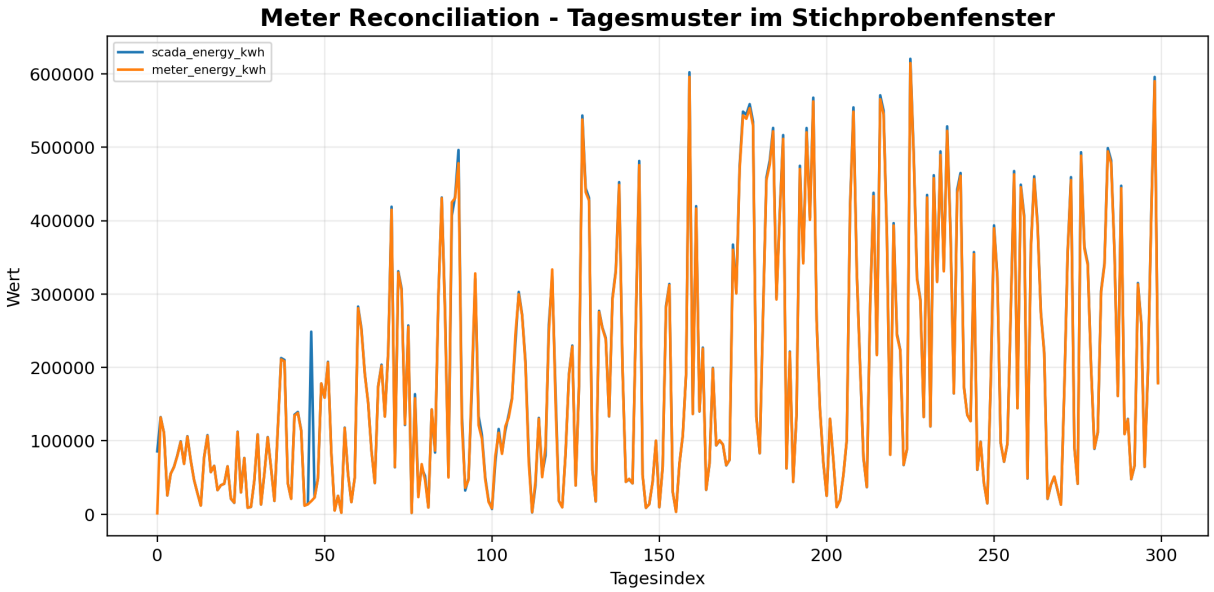

Abbildung: Meter Reconciliation. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Curtailment / Begrenzung

Begrenzungssignale sind bei T15 besonders dominant. Der Bericht trennt technische Curtailment-Indikation, Grid-/Constraint-Hinweise und geschätzte Leistungslücken. Die finale Einordnung erfordert Betreiberwissen.

Anlage	h	Gesamt kWh	technisch kWh	Grid/Constraint kWh	Gap kWh
T15	60,5	23.857,3	18.773,9	5.083,4	3.301.759,3
T12	30,2	5.467,3	0,00	5.467,3	3.329.485,3
T14	30,3	5.395,7	0,00	5.395,7	2.943.000,3
T13	28,2	5.079,7	0,00	5.079,7	2.885.723,9
T11	25,5	4.288,8	0,00	4.288,8	3.515.824,0
T07	3,50	1.213,8	0,00	1.213,8	2.611.506,8
T06	3,50	1.201,0	0,00	1.201,0	3.279.792,8
T02	3,50	1.170,4	0,00	1.170,4	3.421.450,1
T05	2,83	1.163,1	0,00	1.163,1	3.412.445,9
T01	3,17	1.161,5	0,00	1.161,5	3.218.277,8
T10	2,50	1.052,1	0,00	1.052,1	3.401.859,0
T04	2,83	1.039,3	0,00	1.039,3	2.846.888,9
T09	2,83	935,3	0,00	935,3	2.060.900,2
T08	3,33	811,6	0,00	811,6	3.344.750,3

Abbildung: Curtailment / Begrenzung

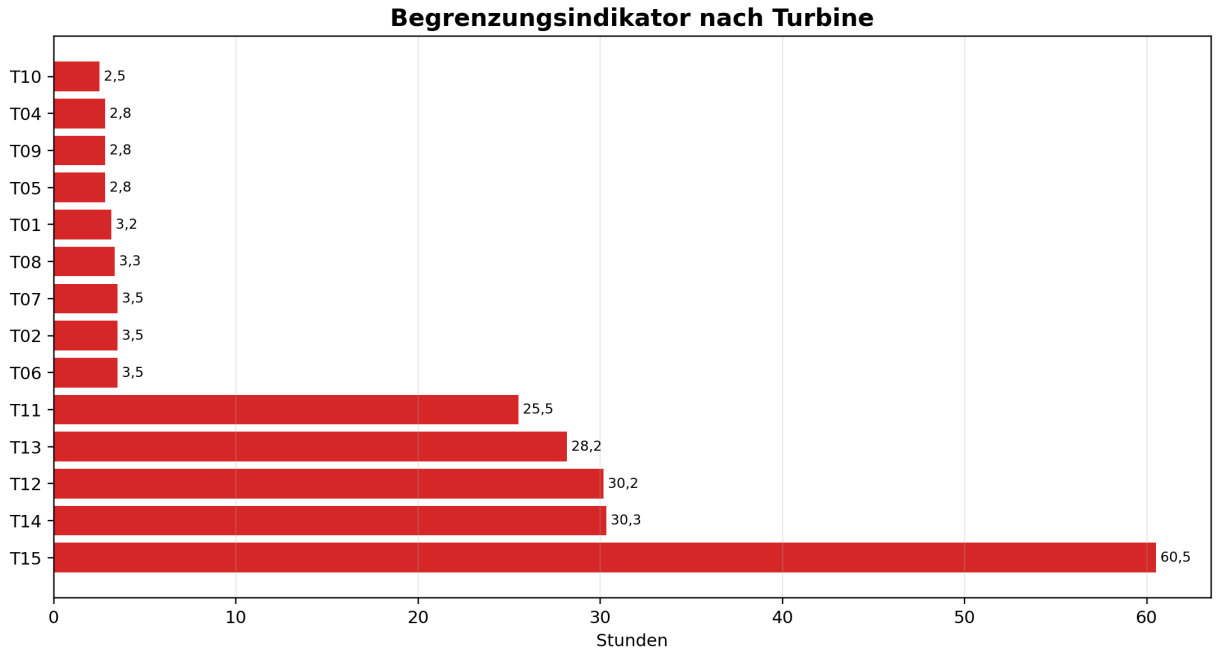

Abbildung: Curtailment / Begrenzung. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Loss Allocation

Die Loss Allocation ordnet Verlustanteile technischen Befundfamilien zu. T06, T11, T12 und T15 stehen im oberen Verlustbereich. Die Zahlen sind als technische Energieindikatoren zu lesen, nicht als finale Forderung.

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Perf. MWh	Curt. MWh	Contractual MWh
T06	2.875,2	2.709,3	165,7	1,20	839,8
T11	2.810,1	2.689,7	117,6	4,29	1.270,8
T12	2.777,7	2.727,3	46,8	5,47	551,7
T15	2.745,2	2.562,7	160,9	23,9	580,8
T14	2.393,7	2.258,2	132,0	5,40	470,6
T10	2.392,2	2.277,6	114,5	1,05	665,9
T13	2.387,2	2.276,2	107,5	5,08	481,5
T04	2.255,6	2.083,8	171,7	1,04	894,6
T01	1.965,3	1.808,4	156,7	1,16	400,6
T07	1.934,5	1.788,1	146,3	1,21	587,6
T05	1.924,0	1.734,9	189,0	1,16	541,2
T08	1.816,6	1.702,4	114,1	0,81	265,0
T02	1.771,2	1.611,0	160,0	1,17	774,9
T09	1.759,6	1.673,9	85,7	0,94	210,2

Event- und Statusprüfung

Die Event-/Statusprüfung ist ein technischer Prüfpfad. Sie verbindet SCADA-Zeilen mit Statuskategorien und zeigt, wo Ereignislogik und Betriebszustand zusammen betrachtet werden sollten.

Statuskategorie	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	104.843	13,3	7,51	14,0
event_other	13.837	11,7	7,13	10,8
full_performance	952.812	11,0	8,26	11,5
no_event_interval	312.193	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	125	0,07	7,37	17,8
sensor_relevant	156	8,26	6,49	8,45
warning_relevant	56.034	9,52	8,76	11,0

Abbildung: Event- und Statusprüfung

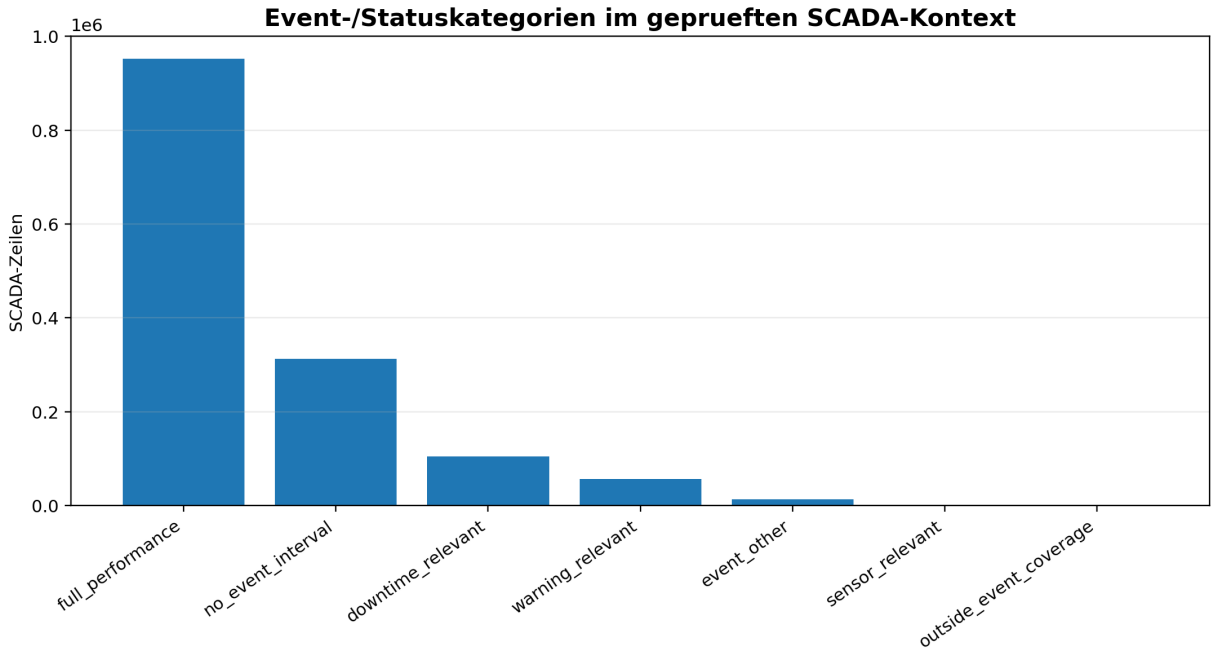

Abbildung: Event- und Statusprüfung. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Gap Disclosure Event/SCADA

Die Ereignis-/SCADA-Brücke ist mit Gap Disclosure nutzbar. Die Coverage ist hoch, die joinbare Abdeckung jedoch nicht vollständig. Daraus folgt: Der Bericht darf Prioritäten und Prüfpfade benennen, aber keine vollständig lückenlose Ereigniszuordnung behaupten.

Kennzahl	Wert
SCADA-Zeilen im Prüfkontext	1.440.000
Zeitlich gültige SCADA-Zeilen	1.440.000
Zeilen innerhalb Event-Abdeckung	1.439.875
Zeilen mit Event-Intervall	1.127.682
Coverage Join Rate	78,32 %
Coverage Rate	99,99 %

Wetterkontext und Wetter-Normalisierung

Der Wetterkontext ist als Review- und Prüfkontext nutzbar. Die Wetterdatenabdeckung umfasst 37 Wetterdateien und 34 zusammengeführte Monate. Wetterbereinigte Aussagen bleiben Kandidaten, keine finale Kausalität.

Monat	SCADA Power kW	ERA5 Wind	Norm. Power kW	Delta %	Stufe
2021-07	109,1	3,78	162,3	48,7	high
2023-04	430,9	3,97	609,2	41,4	high
2021-04	395,0	4,40	503,9	27,6	high
2020-01	1.009,3	7,58	748,2	-25,9	high
2018-04	580,8	4,49	726,3	25,1	high
2019-04	467,9	4,71	558,3	19,3	high
2017-10	894,9	6,95	723,0	-19,2	high
2022-01	856,1	6,87	700,0	-18,2	high
2022-07	390,2	4,77	459,4	17,7	high
2023-07	486,3	4,88	559,4	15,0	high
2020-04	395,3	4,93	450,7	14,0	high
2022-04	441,2	4,94	501,9	13,7	high

Abbildung: Wetterkontext und Wetter-Normalisierung

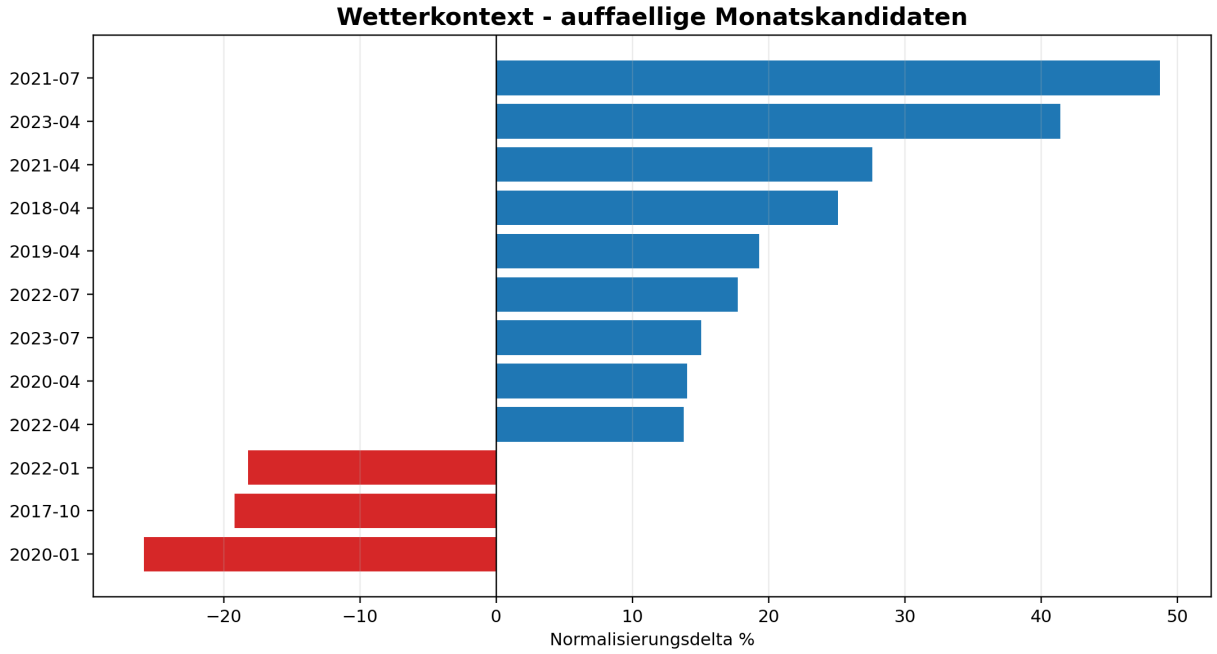

Abbildung: Wetterkontext und Wetter-Normalisierung. Die Grafik zeigt den relevanten Prüfkontext dieses Kapitels. Relevanz: Sie verbindet Tabellenwerte mit Betreiberentscheidung. Aussagegrenze: Die Grafik ist ein technischer Prüfhinweis. Nächste Prüfung: Betreiberseitige Plausibilisierung.

Wirtschaftliche Vorbewertung

Die wirtschaftliche Vorbewertung bleibt bewusst ohne finale Geldsumme. Es liegen technische Verlustkandidaten und Preisbasis-Kandidaten vor, aber keine validierten Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten. Deshalb werden keine Euro- oder GBP-Schadenssummen formuliert.

Kennzahl	Wert
Technische Verlustkandidaten	20
Preisbasis-Kandidaten	20
Finale Geldsumme	nicht freigegeben ohne kommerzielle Validierung
Erforderlich	Preis-, PPA-, Tarif-, Kompensations- und Vertragsdaten

Zustands- und Referenzsignale / CM-Fraunhofer

Die Zustandsreferenz umfasst 129 MAT-Dateien, 32 Signal-Keys und 11 Fehler-/Referenzklassen im Reference Mode. Daraus dürfen Hypothesen und Prüfpfade abgeleitet werden, aber keine kundenspezifische Komponentendiagnose.

Kennzahl	Wert
MAT-Dateien	129
Lesbar	129
Signal-Keys	32
Fehler-/Referenzklassen	11
Modus	Reference Mode
Kundenspezifische Komponentendiagnose	nicht freigegeben ohne Asset-Mapping und Betreiber-Crosscheck

Operative Bedeutung für Betreiber

Für den Betreiber ist die wichtigste Leistung dieses Berichts die Sortierung der nächsten technischen Handlungen. Statt alle Anlagen gleich zu behandeln, wird die Aufmerksamkeit auf konkrete Signalkombinationen gelenkt.

Investorenperspektive

Aus Investorensicht liefert der Bericht Transparenz über technische Risiken, Prüfprioritäten und Datenbedarf. Die Aussagen bleiben vorsichtig genug für belastbare Kommunikation, aber konkret genug für Asset-Management-Entscheidungen.

Maßnahmenplan 0-8 Wochen

Der Maßnahmenplan übersetzt die technischen Signale in eine realistische Reihenfolge für die nächsten acht Wochen.

Abbildung: Maßnahmen-Roadmap 0-8 Wochen

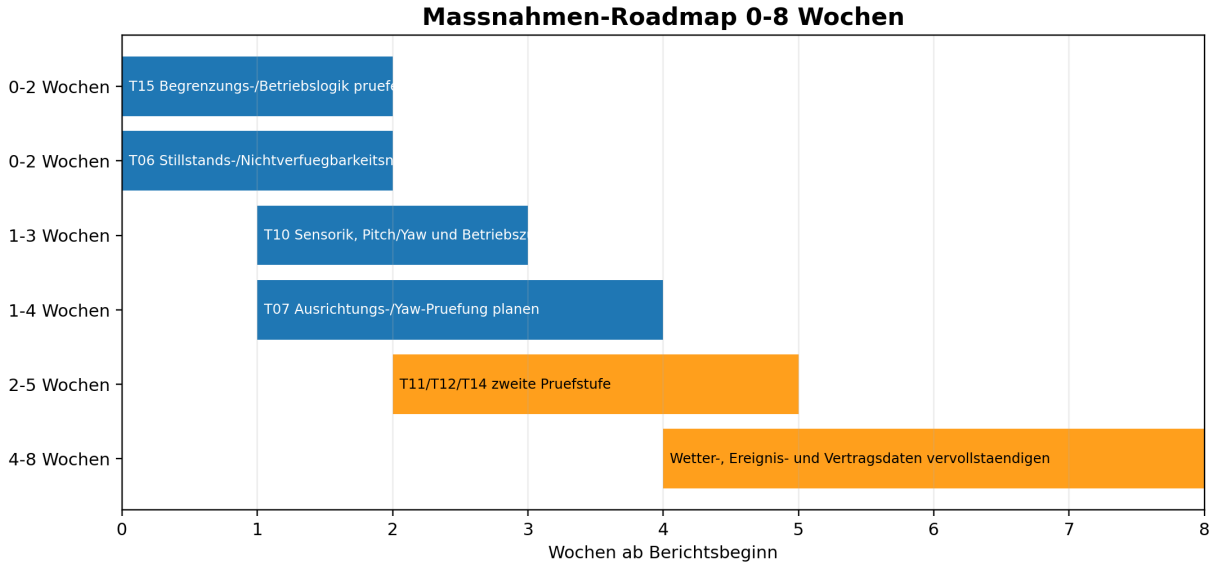

Abbildung: Maßnahmen-Roadmap 0-8 Wochen. Die Grafik ordnet die wichtigsten Prüfschritte zeitlich. Relevanz: Sie macht die Priorisierung umsetzbar. Aussagegrenze: Der Plan ersetzt keine Betreiberfreigabe. Nächste Prüfung: Terminierung mit Betriebsführung und Datenbereitstellung.

Zeitraum	Fokus	Maßnahme
0-2 Wochen	T15	Begrenzungslogik, Curtailment-Kategorien, Power-Curve-Fenster und Ereignisstatus zusammenführen
0-2 Wochen	T06	Downtime, Nichtverfügbarkeit, Forced-Outage- und Statusdaten gegen Betreiberlog prüfen
1-3 Wochen	T10	Sensorik, Pitch/Yaw, Leistungskennlinie und Anomaliezeitfenster prüfen
1-4 Wochen	T07	Ausrichtungs-/Yaw-Prüfung mit Sensorkalibrierung und Ereignisabgleich
2-5 Wochen	T11/T12/T14	Zweite Prüfstufe mit differenzierter Ereignis- und Performanceprüfung
4-8 Wochen	Flotte	Wetter-, Vertrags-, Preis- und Zustandsdaten für nächste Bewertungsstufe vervollständigen

Datenanforderungen nächste Stufe

Die nächste Stufe sollte gezielt die Lücken schließen, die eine finale technische und wirtschaftliche Bestätigung verhindern.

- Betreiber-Ereignislog mit eindeutigen Stillstandsgründen und Statuscodes.
- Service- und Wartungsnachweise für T15, T06, T10, T07, T11, T12 und T14.
- Parametrierung und Historie der Begrenzungslogik, insbesondere für T15.
- Sensorik- und Kalibrierungsunterlagen für Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw.
- Preis-, PPA-, Tarif-, Kompensations- und Vertragsdaten für eine spätere wirtschaftliche Bewertung.
- Asset-Mapping für Zustands- und Referenzsignale, falls eine komponentennahe Diagnose angestrebt wird.

Betreiber-Crosscheck-Fragen

Fokus	Crosscheck-Frage
T15	Welche Begrenzungsereignisse, technischen Curtailment-Vorgaben oder Netz-/Constraint-Hinweise sind im relevanten Zeitraum dokumentiert?
T06	Welche Stillstandsgründe und Nichtverfügbarkeitskategorien erklären die hohe Downtime-Komponente?
T10	Gibt es bekannte Sensorik-, Pitch-, Yaw- oder Betriebszustandsereignisse in den auffälligen Fenstern?
T07	Wurden Windrichtung, Nacelle-Position oder Yaw-Parameter geprüft oder kalibriert?
T11/T12/T14	Welche Ereignis- und Begrenzungslogik erklärt die zweite Prüfstufe?
Flotte	Sind Vertragsdaten, Preise, Kompensationsregeln und Abrechnungsdefinitionen für eine wirtschaftliche Folgebewertung verfügbar?

Methodik in Kundensprache

Morpheus AI verdichtet mehrere technische Signalfamilien zu einer Betreiberpriorisierung. Im Mittelpunkt steht nicht die interne Arbeitsweise, sondern die Frage, welche Anlage aus Sicht des Betreibers zuerst geprüft werden sollte und welche Daten für die nächste Bestätigung fehlen.

- Faktenanker: Ist-Werte je Anlage, Ranglisten, Tabellen und Charts.
- Aussagegrenze: keine finale Kausalität ohne Betreiber-Crosscheck.
- Handlung: klare Prüfpfade, Datenanforderungen und Roadmap.

Nachvollziehbarkeit und Prüfsummen

Die Nachvollziehbarkeit wird über einen geprüften Inhaltsstand, ein SHA256-Manifest und konsistente Analyseentscheidungen abgesichert. Im Kundenbericht werden keine internen Speicherorte oder Prozessdetails aufgeführt.

Kennzahl	Wert
Berichtsbasis	Reportfähiger Inhaltsstand vom 01.05.2026
ZIP-Prüfsumme	e2f0c9f815dcb6fc38d18b84e2296bcc6d5115f8859932773ad47a648bcdf8c6
Finaler Analysezustand	success
Berichtsumfang	Technischer Betreiber- und Investorenreport mit Aussagegrenzen

Abschlussbewertung

Penmanshiel Wind Farm zeigt eine klare technische Prüfarchitektur: T15, T06, T10 und T07 gehören in die unmittelbare Betreiberprüfung; T11, T12 und T14 bilden die zweite Prüfstufe. Die übrigen Anlagen bleiben im Flottenmonitoring.

Der Bericht liefert eine nachvollziehbare Reihenfolge, belastbare Faktenanker, klare Aussagegrenzen und konkrete Betreiberfragen.

Anhang A: vollständige Ranglisten

A.1 Verlust-Rangliste

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Performance MWh	Curt. MWh	Score	Stufe
T06	2.875,2	2.709,3	165,7	1,20	2.875,2	high
T11	2.810,1	2.689,7	117,6	4,29	2.810,1	high
T12	2.777,7	2.727,3	46,8	5,47	2.777,7	high
T15	2.745,2	2.562,7	160,9	23,9	2.745,2	high
T14	2.393,7	2.258,2	132,0	5,40	2.393,7	high
T10	2.392,2	2.277,6	114,5	1,05	2.392,2	high
T13	2.387,2	2.276,2	107,5	5,08	2.387,2	high
T04	2.255,6	2.083,8	171,7	1,04	2.255,6	high
T01	1.965,3	1.808,4	156,7	1,16	1.965,3	high
T07	1.934,5	1.788,1	146,3	1,21	1.934,5	high
T05	1.924,0	1.734,9	189,0	1,16	1.924,0	high
T08	1.816,6	1.702,4	114,1	0,81	1.816,6	high
T02	1.771,2	1.611,0	160,0	1,17	1.771,2	high
T09	1.759,6	1.673,9	85,7	0,94	1.759,6	high

A.2 Power-Curve-Rangliste

Anlage	Score	Median	Mean	Bins	Stufe
T15	4,25	0,04	0,18	60	low
T10	3,84	0,04	0,11	60	low
T12	3,64	0,04	0,13	60	low
T01	2,79	0,03	0,12	60	low
T05	2,74	0,03	0,07	60	low
T02	2,54	0,03	0,11	60	low
T14	2,19	0,02	0,56	60	low
T04	2,12	0,02	0,13	60	low
T13	2,11	0,02	13,7	60	low
T07	1,46	0,01	0,09	60	low
T06	1,46	0,01	0,25	60	low
T08	1,37	0,01	0,11	59	low
T09	1,14	0,01	0,08	59	low
T11	1,07	0,01	0,42	60	low

A.3 Wake-Rangliste

Anlage	Score	Hit Ratio	Candidate Rows	Wake Rows	Upstream	Distanz m
Penmanshiel 05	1,81	0,29	236.134	68.776	Penmanshiel 01	508,2
Penmanshiel 06	1,66	0,27	298.315	80.993	Penmanshiel 01	793,9
Penmanshiel 09	1,64	0,29	213.196	61.883	Penmanshiel 04	687,3
Penmanshiel 07	1,62	0,27	241.127	64.936	Penmanshiel 02	725,8
Penmanshiel 10	1,55	0,30	198.436	59.881	Penmanshiel 14	432,4
Penmanshiel 11	1,37	0,22	140.608	31.595	Penmanshiel 15	361,5
Penmanshiel 14	0,59	0,27	80.425	22.043	Penmanshiel 09	633,8
Penmanshiel 13	0,52	0,20	93.315	18.863	Penmanshiel 08	719,8
Penmanshiel 01	0,26	0,26	198.734	51.083	Penmanshiel 08	823,9
Penmanshiel 02	0,20	0,27	262.647	71.108	Penmanshiel 10	917,0
Penmanshiel 08	0,09	0,27	133.611	36.106	Penmanshiel 12	404,4
Penmanshiel 15	0,04	0,17	69.145	11.657	Penmanshiel 07	883,4
Penmanshiel 04	0,00	0,24	139.911	33.004	Penmanshiel 08	400,1
Penmanshiel 12	0,00	0,13	77.285	10.358	Penmanshiel 13	368,3

Anhang B: Tabellenbasis

Die Tabellenbasis enthält die verdichteten technischen Ist-Werte für die weitere Betreiberarbeit. Werte sind gerundet und dienen der technischen Priorisierung.

Anlage	Loss MWh	Downtime MWh	Perf. MWh	Curt. h	Curt. kWh	Techn. kWh	Grid kWh	Gap kWh
T01	1.965,3	1.808,4	156,7	3,17	1.161,5	0,00	1.161,5	3.218.277,8
T02	1.771,2	1.611,0	160,0	3,50	1.170,4	0,00	1.170,4	3.421.450,1
T04	2.255,6	2.083,8	171,7	2,83	1.039,3	0,00	1.039,3	2.846.888,9
T05	1.924,0	1.734,9	189,0	2,83	1.163,1	0,00	1.163,1	3.412.445,9
T06	2.875,2	2.709,3	165,7	3,50	1.201,0	0,00	1.201,0	3.279.792,8
T07	1.934,5	1.788,1	146,3	3,50	1.213,8	0,00	1.213,8	2.611.506,8
T08	1.816,6	1.702,4	114,1	3,33	811,6	0,00	811,6	3.344.750,3
T09	1.759,6	1.673,9	85,7	2,83	935,3	0,00	935,3	2.060.900,2
T10	2.392,2	2.277,6	114,5	2,50	1.052,1	0,00	1.052,1	3.401.859,0
T11	2.810,1	2.689,7	117,6	25,5	4.288,8	0,00	4.288,8	3.515.824,0
T12	2.777,7	2.727,3	46,8	30,2	5.467,3	0,00	5.467,3	3.329.485,3
T13	2.387,2	2.276,2	107,5	28,2	5.079,7	0,00	5.079,7	2.885.723,9
T14	2.393,7	2.258,2	132,0	30,3	5.395,7	0,00	5.395,7	2.943.000,3
T15	2.745,2	2.562,7	160,9	60,5	23.857,3	18.773,9	5.083,4	3.301.759,3

Fortsetzung der Tabellenbasis: Leistungskennlinie, Anomalien und Wake-/Sektorhinweise.

Anlage	PC	PC Median	PC Mean	Anom. Peak	Anom. total	Power Anom.	Yaw Anom.	Wake	Wake Hit
T01	2,79	0,03	0,12	97,7	42.674	9.816	27.056	0,26	0,26
T02	2,54	0,03	0,11	98,9	46.695	11.599	27.349	0,20	0,27
T04	2,12	0,02	0,13	97,8	46.718	13.994	26.444	0,00	0,24
T05	2,74	0,03	0,07	98,5	45.406	10.915	27.774	1,81	0,29
T06	1,46	0,01	0,25	99,2	51.094	16.645	27.496	1,66	0,27
T07	1,46	0,01	0,09	100,0	66.827	31.392	29.693	1,62	0,27
T08	1,37	0,01	0,11	99,2	44.167	11.103	27.293	0,09	0,27
T09	1,14	0,01	0,08	99,5	70.793	35.224	29.280	1,64	0,29
T10	3,84	0,04	0,11	99,4	74.011	39.559	28.290	1,55	0,30
T11	1,07	0,01	0,42	98,5	47.567	11.104	28.808	1,37	0,22
T12	3,64	0,04	0,13	90,0	36.429	560	27.898	0,00	0,13
T13	2,11	0,02	13,7	96,3	41.305	5.445	27.644	0,52	0,20
T14	2,19	0,02	0,56	97,0	44.196	6.823	28.467	0,59	0,27
T15	4,25	0,04	0,18	96,6	42.366	6.914	27.691	0,04	0,17

Anhang C: Aussagegrenzen und erlaubte Formulierungen

Bereich	Erlaubte Formulierung
Technische Priorisierung	Die Analyse zeigt eine priorisierte Prüfreihenfolge.
Event-/SCADA-Kontext	Die Event-/SCADA-Brücke ist als technischer Prüfpfad mit Gap Disclosure nutzbar.
Wetterkontext	Wetterdaten stützen Prüfkandidaten, aber keine finale wetterbereinigte Kausalität.
Wirtschaft	Eine wirtschaftliche Bewertung erfordert validierte Preis-, PPA-, Tarif- oder Kompensationsdaten.
Zustandsreferenz	CM/Fraunhofer wird als Reference Mode genutzt, nicht als kundenspezifische Komponentendiagnose.

Nicht zu verwenden sind finale Ursachenbehauptungen, finale Geldforderungen, Betreiberhaftungsaussagen oder kundenspezifische Komponentendiagnosen ohne die jeweils erforderliche Betreiber- und Vertragsbestätigung.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T01

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T01. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	137.914
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	5.280,5
Curtailment-relevante Stunden	112,1
Warning-relevante Stunden	2.479,2
Forced-Outage-relevante Stunden	261,4

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	8.745	14,1	7,84	14,8
event_other	1.211	10,3	10,0	15,0
full_performance	71.655	11,3	8,45	11,1
no_event_interval	27.024	n/a	n/a	n/a
warning_relevant	1.365	6,88	6,74	19,5

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T02

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T02. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	157.630
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	4.470,9
Curtailment-relevante Stunden	89,7
Warning-relevante Stunden	1.926,1
Forced-Outage-relevante Stunden	588,1

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	7.645	14,4	8,08	14,7
event_other	745	23,6	5,83	11,8
full_performance	71.817	11,6	8,28	11,4
no_event_interval	27.395	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,05	7,05	4,72
warning_relevant	2.397	7,38	7,46	9,55

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T04

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T04. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	133.986
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	6.673,7
Curtailment-relevante Stunden	86,0
Warning-relevante Stunden	2.481,4
Forced-Outage-relevante Stunden	1.075,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	9.598	10,7	7,33	14,3
event_other	1.024	11,1	8,09	13,7
full_performance	69.872	11,3	8,22	11,2
no_event_interval	27.120	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
warning_relevant	2.385	8,95	10,2	9,98

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T05

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T05. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	172.198
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	3.833,2
Curtailment-relevante Stunden	62,6
Warning-relevante Stunden	1.606,1
Forced-Outage-relevante Stunden	292,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	7.467	14,5	6,95	16,3
event_other	1.190	14,7	7,13	14,5
full_performance	72.953	11,2	8,14	11,8
no_event_interval	27.437	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,02	4,53	11,4
warning_relevant	952	11,6	8,98	10,1

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T06

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T06. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	151.822
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	4.085,7
Curtailment-relevante Stunden	93,6
Warning-relevante Stunden	2.463,2
Forced-Outage-relevante Stunden	1.126,2

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	8.788	15,7	7,31	14,3
event_other	1.936	4,84	7,91	10,7
full_performance	69.498	10,5	7,97	11,3
no_event_interval	27.239	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,05	4,22	16,8
sensor_relevant	96	10,3	5,67	7,30
warning_relevant	2.442	7,38	8,95	9,45

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T07

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T07. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	172.604
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	4.380,5
Curtailment-relevante Stunden	58,3
Warning-relevante Stunden	1.500,6
Forced-Outage-relevante Stunden	732,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	7.650	12,3	6,57	15,8
event_other	477	22,4	4,88	14,7
full_performance	73.403	11,3	7,56	12,2
no_event_interval	27.397	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,06	4,61	12,6
warning_relevant	1.072	11,8	7,99	9,68

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T08

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T08. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	145.500
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	2.785,4
Curtailment-relevante Stunden	70,9
Warning-relevante Stunden	753,6
Forced-Outage-relevante Stunden	104,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	9.743	12,5	7,15	13,4
event_other	856	19,0	5,35	13,2
full_performance	70.585	10,4	8,19	11,6
no_event_interval	27.183	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
warning_relevant	1.632	11,7	8,73	12,3

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T09

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T09. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	159.224
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	2.437,8
Curtailment-relevante Stunden	82,3
Warning-relevante Stunden	2.226,3
Forced-Outage-relevante Stunden	264,2

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	3.108	13,7	6,95	16,9
event_other	372	20,9	5,06	15,0
full_performance	69.959	10,4	7,53	12,8
no_event_interval	27.580	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
warning_relevant	8.980	9,44	9,21	11,4

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T10

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T10. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	165.836
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	33
Downtime-relevante Stunden	2.819,1
Curtailment-relevante Stunden	47,9
Warning-relevante Stunden	2.051,2
Forced-Outage-relevante Stunden	489,5

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	4.295	6,61	7,66	12,9
event_other	4.318	1,93	6,46	7,00
full_performance	66.956	10,3	7,69	12,5
no_event_interval	26.657	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	2	0,01	4,19	0,00
sensor_relevant	13	0,00	n/a	0,00
warning_relevant	7.759	10,4	7,79	10,5

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T11

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T11. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	155.088
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	27
Downtime-relevante Stunden	3.818,9
Curtailment-relevante Stunden	102,5
Warning-relevante Stunden	2.276,7
Forced-Outage-relevante Stunden	983,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	6.048	14,9	7,05	13,4
event_other	269	26,7	6,21	14,5
full_performance	63.764	11,0	8,48	10,7
no_event_interval	13.612	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
warning_relevant	6.306	11,6	8,73	10,1

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T12

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T12. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	131.142
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	27
Downtime-relevante Stunden	3.869,3
Curtailment-relevante Stunden	99,0
Warning-relevante Stunden	3.370,3
Forced-Outage-relevante Stunden	826,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	6.261	13,7	8,46	11,9
event_other	241	29,3	8,15	12,7
full_performance	68.435	11,1	8,91	11,3
no_event_interval	12.763	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
sensor_relevant	2	0,06	6,30	10,1
warning_relevant	2.297	9,05	9,00	10,9

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T13

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T13. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	153.556
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	27
Downtime-relevante Stunden	6.170,7
Curtailment-relevante Stunden	165,1
Warning-relevante Stunden	2.527,7
Forced-Outage-relevante Stunden	678,7

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	9.631	13,6	8,11	12,2
event_other	592	15,2	6,36	9,52
full_performance	57.637	11,0	9,04	11,4
no_event_interval	13.491	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	112	0,10	9,95	25,0
sensor_relevant	24	0,00	6,16	14,0
warning_relevant	8.513	12,1	9,14	11,6

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T14

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T14. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	157.230
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	27
Downtime-relevante Stunden	3.659,3
Curtailment-relevante Stunden	48,4
Warning-relevante Stunden	1.180,5
Forced-Outage-relevante Stunden	258,0

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	9.479	13,0	8,10	12,3
event_other	257	31,0	6,68	14,3
full_performance	64.324	11,2	8,80	11,0
no_event_interval	13.447	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
warning_relevant	2.492	6,39	8,09	11,2

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang D - Event-/Statusmatrix T15

Diese Seite verdichtet die Event-/Statusmatrix für T15. Sie dient dem Betreiber-Crosscheck und trennt technische Beobachtung von finaler Ursachenbestätigung.

Kennzahl	Wert
Event-Intervalle	136.084
Closed-Interval-Rate	100,00 %
SCADA-Dateien	27
Downtime-relevante Stunden	3.465,4
Curtailment-relevante Stunden	186,8
Warning-relevante Stunden	3.698,9
Forced-Outage-relevante Stunden	490,6

Status	SCADA-Zeilen	Power	Wind	Yaw Error
downtime_relevant	6.385	14,3	7,56	12,7
event_other	349	33,2	8,27	11,2
full_performance	61.954	11,7	8,68	10,9
no_event_interval	13.848	n/a	n/a	n/a
outside_event_coverage	1	0,00	0,00	0,00
sensor_relevant	21	14,2	10,5	12,5
warning_relevant	7.442	11,1	9,47	10,7

Betreiberhinweis: Diese Matrix zeigt, welche Statuskategorien zuerst gegen Betriebsführungsnotizen, Wartungseinträge und Stillstandsgründe geprüft werden sollten. Sie ist kein finaler Ereignisnachweis.

Anhang E - Anomalie-Fenster T15

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T15. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2021-01-01_-_2022-01-01_1056.csv	96,6	5.575	1.161	3.822	10.558
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2023-01-01_-_2024-01-01_1056.csv	88,2	0	1.157	3.562	4.719
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2024-01-01_-_2025-01-01_1056.csv	87,9	0	1.166	3.402	4.568
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2018-01-01_-_2019-01-01_1056.csv	87,5	0	932	3.480	4.412
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2022-01-01_-_2023-01-01_1056.csv	87,0	0	718	3.494	4.216
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2019-01-01_-_2020-01-01_1056.csv	86,0	0	712	3.114	3.826
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2020-01-01_-_2021-01-01_1056.csv	85,5	0	936	2.695	3.631
Turbine_Data_Penmanshiel_15_2017-01-01_-_2018-01-01_1056.csv	84,8	0	497	2.903	3.412

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang E - Anomalie-Fenster T06

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T06. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2021-01-01_-_2022-01-01_1046.csv	99,2	8.029	1.151	4.371	13.551
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2018-01-01_-_2019-01-01_1046.csv	92,0	2.014	969	3.803	6.793
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2016-06-02_-_2017-01-01_1046.csv	91,3	3.586	620	2.126	6.332
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2022-01-01_-_2023-01-01_1046.csv	88,2	81	800	3.838	4.729
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2019-01-01_-_2020-01-01_1046.csv	87,4	0	901	3.460	4.361
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2020-01-01_-_2021-01-01_1046.csv	86,9	0	1.063	3.104	4.167
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2017-01-01_-_2018-01-01_1046.csv	86,2	0	618	3.252	3.877
Turbine_Data_Penmanshiel_06_2023-07-01_-_2024-01-01_1046.csv	85,9	1.059	542	2.167	3.768

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang E - Anomalie-Fenster T10

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T10. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2021-01-01_-_2022-01-01_1050.csv	99,4	8.441	975	4.404	13.820
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2020-01-01_-_2021-01-01_1050.csv	96,8	6.296	933	3.499	10.728
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2018-01-01_-_2019-01-01_1050.csv	96,6	5.716	889	3.920	10.527
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2019-01-01_-_2020-01-01_1050.csv	95,7	5.137	785	3.755	9.677
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2022-01-01_-_2023-01-01_1050.csv	94,0	3.387	799	4.023	8.236
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2023-07-01_-_2024-01-01_1050.csv	90,4	2.918	499	2.332	5.823
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2023-04-01_-_2023-07-01_1050.csv	88,7	3.610	37	1.279	4.926
Turbine_Data_Penmanshiel_10_2016-06-27_-_2017-01-01_1050.csv	87,8	2.840	467	1.207	4.515

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang E - Anomalie-Fenster T07

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T07. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2021-01-01_-_2022-01-01_1047.csv	100,0	8.749	921	4.926	14.596
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2018-01-01_-_2019-01-01_1047.csv	96,1	5.157	725	4.132	10.034
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2019-01-01_-_2020-01-01_1047.csv	95,1	4.515	726	3.866	9.107
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2020-01-01_-_2021-01-01_1047.csv	93,8	3.635	927	3.485	8.047
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2016-06-02_-_2017-01-01_1047.csv	91,5	3.760	569	2.160	6.489
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2023-07-01_-_2024-01-01_1047.csv	90,7	3.178	434	2.375	5.987
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2022-01-01_-_2023-01-01_1047.csv	88,5	199	701	3.903	4.826
Turbine_Data_Penmanshiel_07_2017-01-01_-_2018-01-01_1047.csv	86,1	0	479	3.371	3.854

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang E - Anomalie-Fenster T11

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T11. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2021-01-01_-_2022-01-01_1051.csv	98,5	7.577	1.202	3.854	12.633
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2023-01-01_-_2024-01-01_1051.csv	92,4	2.305	1.147	3.615	7.067
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2018-01-01_-_2019-01-01_1051.csv	88,0	0	882	3.730	4.612
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2024-01-01_-_2025-01-01_1051.csv	88,0	0	1.116	3.486	4.602
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2022-01-01_-_2023-01-01_1051.csv	86,8	0	532	3.584	4.127
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2020-01-01_-_2021-01-01_1051.csv	86,5	0	1.026	2.963	3.989
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2019-01-01_-_2020-01-01_1051.csv	86,4	0	747	3.198	3.945
Turbine_Data_Penmanshiel_11_2017-01-01_-_2018-01-01_1051.csv	85,2	0	494	3.026	3.529

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang E - Anomalie-Fenster T12

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T12. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2021-01-01_-_2022-01-01_1052.csv	90,0	560	1.119	3.923	5.602
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2023-01-01_-_2024-01-01_1052.csv	88,0	0	1.048	3.558	4.606
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2024-01-01_-_2025-01-01_1052.csv	87,7	0	1.166	3.319	4.485
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2018-01-01_-_2019-01-01_1052.csv	87,4	0	946	3.420	4.366
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2022-01-01_-_2023-01-01_1052.csv	87,0	0	839	3.347	4.187
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2019-01-01_-_2020-01-01_1052.csv	86,4	0	870	3.089	3.959
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2020-01-01_-_2021-01-01_1052.csv	86,2	0	991	2.898	3.889
Turbine_Data_Penmanshiel_12_2017-01-01_-_2018-01-01_1052.csv	84,9	0	508	2.924	3.438

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang E - Anomalie-Fenster T14

Diese Übersicht zeigt die stärksten Anomaliefenster für T14. Die Dateinamen werden nur als zeitliche Orientierung verwendet; entscheidend ist die technische Prüfung der betroffenen Zeiträume.

Zeitfenster	Score	Power	Wind	Yaw	Gesamt
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2021-01-01_-_2022-01-01_1054.csv	97,0	5.925	1.096	3.927	10.948
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2023-01-01_-_2024-01-01_1054.csv	88,3	0	1.226	3.522	4.748
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2024-01-01_-_2025-01-01_1054.csv	88,3	0	1.438	3.296	4.734
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2018-01-01_-_2019-01-01_1054.csv	88,2	0	1.130	3.587	4.719
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2022-01-01_-_2023-01-01_1054.csv	88,1	0	887	3.734	4.644
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2019-01-01_-_2020-01-01_1054.csv	86,9	0	949	3.191	4.140
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2020-01-01_-_2021-01-01_1054.csv	86,2	0	1.120	2.747	3.867
Turbine_Data_Penmanshiel_14_2017-01-01_-_2018-01-01_1054.csv	85,7	0	592	3.089	3.690

Prüfhinweis: Auffällige Anomalie-Fenster sollten gegen Sensorik, Ausrichtungsdaten, Pitch/Yaw-Signale, Ereignisstatus und Wartungseinträge abgeglichen werden.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T15

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T15 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 2.745,2 MWh, Downtime 2.562,7 MWh, Curtailment 60,5 h, Power-Curve-Score 4,25, Anomalie-Peak 96,62.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T06

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T06 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 2.875,2 MWh, Downtime 2.709,3 MWh, Curtailment 3,5 h, Power-Curve-Score 1,46, Anomalie-Peak 99,23.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T10

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T10 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 2.392,2 MWh, Downtime 2.277,6 MWh, Curtailment 2,5 h, Power-Curve-Score 3,84, Anomalie-Peak 99,43.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T07

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T07 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 1.934,5 MWh, Downtime 1.788,1 MWh, Curtailment 3,5 h, Power-Curve-Score 1,46, Anomalie-Peak 100,00.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T11

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T11 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 2.810,1 MWh, Downtime 2.689,7 MWh, Curtailment 25,5 h, Power-Curve-Score 1,07, Anomalie-Peak 98,49.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T12

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T12 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 2.777,7 MWh, Downtime 2.727,3 MWh, Curtailment 30,2 h, Power-Curve-Score 3,64, Anomalie-Peak 90,01.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang F - Betreiber-Prüfprotokoll T14

Dieses Prüfprotokoll übersetzt den Befund zu T14 in konkrete Betreiberfragen. Es ist als Arbeitsblatt für technische Betriebsführung, Asset Management und Betreiber-Crosscheck gedacht.

Schritt	Prüffeld	Betreiberfrage
1	Ereignisstatus	Passen die auffälligen Zeitfenster zu bekannten Statuscodes oder Stillstandsgründen?
2	Wartung	Gab es Serviceeinsätze, Parametrierungen oder Kalibrierungen im relevanten Zeitraum?
3	Sensorik	Sind Windrichtung, Nacelle-Position, Pitch und Yaw plausibel und kalibriert?
4	Begrenzung	Liegen technische, netzseitige oder betriebliche Begrenzungsvorgaben vor?
5	Vertrag	Welche kommerziellen Daten wären für eine spätere wirtschaftliche Bewertung erforderlich?

Faktenanker: Loss 2.393,7 MWh, Downtime 2.258,2 MWh, Curtailment 30,3 h, Power-Curve-Score 2,19, Anomalie-Peak 97,00.

Aussagegrenze: Das Protokoll dient der Bestätigung oder Entkräftung der technischen Prüfspur. Es ersetzt keine finale Betreiberfreigabe.

Anhang G - Wetter- und Meter-Prüfkontext

Der Wetter- und Meter-Prüfkontext ergänzt die technische Priorisierung. Er ermöglicht eine Plausibilisierung, ersetzt aber keine finale wirtschaftliche oder wetterbereinigte Kausalitätsbewertung.

G.1 Wetterkandidaten

Monat	SCADA Power	SCADA Wind	ERA5 Wind	Norm. Power	Delta %	Stufe
2021-07	109,1	3,93	3,78	162,3	48,7	high
2023-04	430,9	6,19	3,97	609,2	41,4	high
2021-04	395,0	5,86	4,40	503,9	27,6	high
2020-01	1.009,3	9,80	7,58	748,2	-25,9	high
2018-04	580,8	6,69	4,49	726,3	25,1	high
2019-04	467,9	6,13	4,71	558,3	19,3	high
2017-10	894,9	8,53	6,95	723,0	-19,2	high
2022-01	856,1	8,60	6,87	700,0	-18,2	high
2022-07	390,2	5,90	4,77	459,4	17,7	high
2023-07	486,3	6,38	4,88	559,4	15,0	high
2020-04	395,3	5,86	4,93	450,7	14,0	high
2022-04	441,2	5,93	4,94	501,9	13,7	high
2019-07	367,2	5,52	4,95	416,4	13,4	high
2024-04	906,2	8,78	4,96	1.027,4	13,4	high
2018-10	833,9	8,33	6,45	726,3	-12,9	high
2018-01	928,6	8,55	6,43	811,9	-12,6	high
2021-01	569,1	6,86	6,42	498,3	-12,4	high
2023-10	748,6	7,93	6,41	656,3	-12,3	high
2021-10	852,9	8,14	6,40	748,5	-12,2	high
2019-01	705,4	7,43	6,37	622,3	-11,8	high

G.2 Meter-Reconciliation Stichprobe

Datum	SCADA kWh	Meter kWh	Delta kWh	Delta %
2016-07-01 00:00:00+00:00	85.668,0	1.266,9	84.401,1	6.662,0
2016-07-02 00:00:00+00:00	132.286,0	131.790,8	495,2	0,38
2016-07-03 00:00:00+00:00	110.920,0	110.436,1	483,9	0,44
2016-07-04 00:00:00+00:00	25.481,0	25.693,4	-212,4	-0,83
2016-07-05 00:00:00+00:00	55.068,0	54.981,3	86,7	0,16
2016-07-06 00:00:00+00:00	64.629,0	64.111,2	517,8	0,81
2016-07-07 00:00:00+00:00	80.246,0	79.546,0	700,0	0,88
2016-07-08 00:00:00+00:00	99.282,0	98.568,4	713,6	0,72
2016-07-09 00:00:00+00:00	68.761,0	68.549,8	211,2	0,31
2016-07-10 00:00:00+00:00	106.239,0	105.650,6	588,4	0,56
2016-07-11 00:00:00+00:00	73.419,0	73.123,3	295,7	0,40
2016-07-12 00:00:00+00:00	46.466,0	46.418,0	48,0	0,10
2016-07-13 00:00:00+00:00	28.735,0	28.732,5	2,50	0,01
2016-07-14 00:00:00+00:00	11.866,0	11.811,0	55,0	0,47
2016-07-15 00:00:00+00:00	78.019,0	77.694,4	324,6	0,42
2016-07-16 00:00:00+00:00	107.734,0	106.780,5	953,5	0,89
2016-07-17 00:00:00+00:00	57.358,0	57.277,6	80,4	0,14
2016-07-18 00:00:00+00:00	65.960,0	65.752,7	207,3	0,32
2016-07-19 00:00:00+00:00	32.751,0	32.807,4	-56,4	-0,17
2016-07-20 00:00:00+00:00	39.514,0	39.476,5	37,5	0,09
2016-07-21 00:00:00+00:00	41.417,0	41.586,0	-169,0	-0,41
2016-07-22 00:00:00+00:00	65.255,0	65.114,7	140,3	0,22
2016-07-23 00:00:00+00:00	21.010,0	21.356,3	-346,3	-1,62
2016-07-24 00:00:00+00:00	15.459,0	15.749,6	-290,6	-1,85
2016-07-25 00:00:00+00:00	112.467,0	111.921,6	545,4	0,49
2016-07-26 00:00:00+00:00	29.660,0	29.758,0	-98,0	-0,33
2016-07-27 00:00:00+00:00	76.662,0	76.392,1	269,9	0,35
2016-07-28 00:00:00+00:00	8.832,0	8.864,7	-32,7	-0,37
2016-07-29 00:00:00+00:00	9.892,0	10.138,5	-246,5	-2,43
2016-07-30 00:00:00+00:00	45.943,0	46.132,8	-189,8	-0,41

Aussagegrenze: Meter-Differenzen sind ohne Messkonzept, Zählerdefinition und Vertragslogik nicht als Geldwert oder Schaden zu interpretieren.

Chartplan der finalen Satzstruktur

Die Grafiken wurden direkt in die fachlich passenden Kapitel integriert. Der Bericht ist nicht als Textkörper mit nachträglicher Grafikmappe aufgebaut.

Chart	Kapitelposition
Executive Signal Overview	Management Summary
Cross-Signal-Heatmap	Prioritätsdashboard
Verlustsignal alle Anlagen	Zentrale Parkbefunde
Verlustdekomposition	Zentrale Parkbefunde
Power-Curve-Rangliste	Leistungskennlinie
Curtailment-/Begrenzungsindikator	Curtailment / Begrenzung
Anomalie-Peak	Yaw / Ausrichtung
Wake-/Sektorkontext	Wake- und Sektorkontext
Event-/Statuskategorien	Event- und Statusprüfung
Wetterkontext	Wetterkontext und Wetter-Normalisierung
Flottenmatrix	Gesamtflotte
Maßnahmen-Roadmap	Maßnahmenplan 0-8 Wochen