

Wegleitung «Wind in Betrieb»

Einleitung:

Vertreter von Behörden, Betreibern und Herstellern haben im Auftrag des Management Board Seilbahnen zu ausgewählten Fragestellungen im Zusammenhang mit „Wind in Betrieb“ diskutiert.

Die Diskussionen zum Wind wurden auf einen Bereich mit Windgeschwindigkeiten zwischen 40 km/h und 80 km/h fokussiert.

Damit wurde ein Übergangsbereich zwischen Situationen „normaler Betrieb“ bis zum Bereich, wo mit starken Winden kein Betrieb mehr sinnvoll bzw. nicht mehr möglich ist, identifiziert.

Für die Betreiber steht insbesondere bei **Neuanlagen** eine hohe Planungssicherheit im Rahmen von Bewilligungen im Zentrum.

Die Erkenntnisse sind nachfolgend genauer ausgeführt.

1. Anwendung Norm:

Norm SN EN 12397-2017 / 5.3.2 legt das betriebliche Verhalten beim Überschreiten des Windalarms (max. Betriebswind) fest:

Die Anlage ist unter Anwendung von Vorsichtsmassnahmen leer zu fahren.

2. Neuanlagen:

Systementscheid, Wahl des Bahntyps, Windverhalten, Optionen für Projektierung einer Anlage

Ist ein Betrieb bei höheren Windgeschwindigkeiten (ab 60 km/h) geplant oder wird dem maximalen Betriebswind ein höherer Stellenwert eingeräumt, so sollen Betreiber und Hersteller bei der Planung und Wahl des Bahntyps prüfen, wie eine passende Lösung für die betriebliche Situation bei erhöhten Windgeschwindigkeiten gefunden werden kann.

Für diese Betrachtungsweise dienen folgende Anhaltspunkte:

- Windverhalten des Bahntyps (Fahrzeuge, Förderseil oder Tragseil(e)/Zugseil), die Länge der Seilfelder, die Anzahl der Stützen, die Fahrbahn im Gelände und die Spurweite
- Betrieblicher Einsatz und Auswertung von Detektoren auf der Strecke (z.B. RPD), Massnahmen zur Stabilisierung der Fahrzeuge bei Wind, Pendelüberwachung
- Manuelle oder automatische Reduktion der Fördergeschwindigkeit bei Windwarnung
- Begleiteter Betrieb
- Zeitbedarf für das Leerfahren und die Garagierung (besonders beachten: leere Fahrzeuge talwärts bei Wind)
- Möglichkeiten zur Bergung, Auswirkungen des Bahntyps und dessen Linienführung auf das Bergungskonzept, Einfluss von Wind auf die Bergung
- Einsatz eines Windprognosetools (Wettervorhersagen)
- Anforderungen Zubringeranlagen vs. Beschäftigungsanlagen

Windalarm V_{AL}

Ist der Systemscheid getroffen resp. der Bahntyp gewählt und die Grundlagen der Anlage (Vorprojekt) bekannt, wird in der Nutzungsvereinbarung die maximale Windgeschwindigkeit mit Betrieb bei Wind festgelegt, sie entspricht dem «Windalarm V_{AL} ».

Es resultiert daraus folgende zusammenfassende Einschätzung zum **Windverhalten** und **Vorhaltemassen** pro Bahntyp (Neuanlagen).

Bahntyp	Bahndaten					
	Stützenszahl	Seilfelder	Seil	Fahrzeuge	Garagierungszeit	Windverhalten
Sessel fix geklemmt	mittel	kurz	laufend	viel	/	mittel
Sessel kuppelbar	mittel	kurz/mittel	laufend	mittel/viel	hoch	mittel
Sessel kuppelbar mit Hauben	mittel	kurz/mittel	laufend	mittel/viel	hoch	mässig/mittel
Kabinenumlaufbahnen	mittel	mittel	laufend	mittel/viel	hoch	mittel
Funitel	gering	mittel/lang	laufend	mittel	hoch	gut
Funifor	sehr gering	lang	stehend	1 bis 2	gering	sehr gut
Funifor ohne Stützen	keine	lang	stehend	1 bis 2	gering	sehr gut
Pendelbahn mit 1 TS	sehr gering	lang	stehend	1 bis 2	gering	mässig/mittel
Pendelbahn mit 2 TS	sehr gering	lang	stehend	1 bis 2	gering	sehr gut/gut
Pendelbahn mit 2 TS, ohne Stützen	keine	lang	stehend	1 bis 2	gering	sehr gut/gut
3S	gering	lang	stehend	mittel	hoch	gut
Standseilbahn	/	/	/	wenig	gering	sehr gut/gut

Mögliche betriebliche Massnahmen und Vorhaltemass V_{VOR} (Neuanlagen):

Bahntyp	mögliche betriebliche Massnahmen				"Standard"			"Standard"
					V_{WA}	V_{AL}	V_{IB}	V_{VOR}
	begleitet	Detektoren	Fahrprogramm	Windprognose	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[km/h]
Sessel fix geklemmt		1	x	x	40 ... 65	60 ... 75	80	20
Sessel kuppelbar		1	x	x				20
Sessel kuppelbar mit Hauben		1	x	x				20
Kabinenumlaufbahnen		1	x	x				15
Funitel			x	x	n.n.	n.n.		10
Funifor	x	(2)	x	x	keine	80	90	10
Funifor ohne Stützen	x	(2)	x	x	keine	85	90	5
Pendelbahn mit 1 TS	x	(2)	x	x	40 ... 60	60 ... 70	80	20
Pendelbahn mit 2 TS	x	2	x	x	40 ... 60	60 ... 70	80	15
Pendelbahn mit 2 TS, ohne Stützen	x	2	x	x	40 ... 60	60 ... 70	80	10
3S		(2)	x	x	85	90 ... 95	100	10
Standseilbahn	x			x	keine	keine	80	0

1: Seillageüberwachung (RPD); 2: Pendelwächter; Ergänzend: evtl. Zusatzgewichte, evtl. Pendeldämpfer; Form und Grösse der Fahrzeuge, Aerodynamik

3. Festsetzung „Windwarnung“ V_{WA} :

Ziel ist es, die Anlage bei Erreichen der Windwarnung innerhalb einer gewissen Zeit mit Vorsichtsmassnahmen noch zu betreiben, insbesondere leerfahren zu können und Gäste, die sich noch auf dem Berg befinden nach Möglichkeit und sicher Richtung Tal resp. an einen geschützten Ort zu bringen.

Die Festsetzung des Werts für „Windwarnung“ V_{WA} erfolgt projektspezifisch durch den Betreiber zusammen mit dem Hersteller. Geeignete Massnahmen werden in seinem Betriebskonzept festgehalten.

- Abwägung der Risiken und dem Verhalten der Anlage bei Wind
- Einbezug der Erfahrung des Betreibers mit Wind in seinem Gebiet: insbesondere die häufig vorkommende Windrichtung zur Bahnachse und/oder typische Grosswetterlagen mit bekannten Windeffekten (Westwind, Föhn, Bise usw.)
- Kenntnis der lokalen Windverhältnisse für die Anlage (z.B. im Tagesgang, Talwind, Bergwind etc.)
- Betriebliche Massnahmen

Empfehlung mit Bandbreiten für den Wert der Windwarnung V_{WA} :

- Bei Umlaufsystemen:
 $V_{WA} = V_{AL} - (10 \text{ bis } 20) \text{ km/h}$
(auch vom aerodynamischen Verhalten des Fahrzeugs oder dem Einsatz einer Seillageüberwachung etc. abhängig).
- Für Pendelbahnen mit 2 Tragseilen:
 $V_{WA} = V_{AL} - (10 \text{ bis } 20) \text{ km/h}$.
- Für höhere Windgeschwindigkeiten entwickelte Bahnsysteme wie 3S oder Funifor
 $V_{WA} = V_{AL} - 10 \text{ km/h}$.

Spätestens beim Erreichen der „Windwarnung“ sind Massnahmen gemäss Betriebskonzept zu ergreifen, siehe (4).

Durch den Einsatz von zusätzlichen betrieblichen und technischen Massnahmen (z.B. Seillageüberwachung) oder bei Situationen mit wenigen Stützen auf der Strecke lässt sich der Wert für die Windwarnung V_{WA} erhöhen.

4. Betriebliche Massnahmen, Formulierungen im Betriebskonzept

Die internen Abläufe und Zuständigkeiten für Anordnungen (wer, was, wann) sind im Umgang mit Wind schriftlich festzulegen.

Empfohlene betriebliche Massnahmen beim Erreichen der Windwarnung und für den Weiterbetrieb bis zum Windalarm.

Sie sind pro Anlage im Betriebskonzept fest zu halten.

a) Betriebsvorbereitung, interne Abläufe und Zuständigkeiten festlegen:

- Kenntnis der Tagesprognose zu Wind und Wetter
- Vorgehen zur Aufnahme des Betriebs und Form des Betriebs (Bestückung, Begleitung, Teilbetrieb, Konvoi usw.) festlegen
- Vorgehen und Verhalten bei Anzeichen von zunehmendem Wind festlegen
- Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Windmesseinrichtungen

b) Während dem Betrieb: Beobachtung der Windentwicklung und Anordnung von Massnahmen, aufsteigend mit zunehmender Gefährdung:

- Verminderung der Fahrgeschwindigkeit
- Beobachtung der Strecke und der Anzeige der Windmesseinrichtungen
- Besetzung von kritischen Stützen mit Mitarbeitenden
- Leerfahren der Seilbahn
- sofortiges Stillsetzen der Anlage

- Sind mehrere Sektionen betrieblich zusammengeschaltet, kann eine betriebliche Trennung der Sektionen je nach Windexposition und Windeinwirkung als weitere Massnahme angeordnet werden.

Bei Umlaufbahnen soll dem Umstand Beachtung geschenkt werden, dass sich in der Regel während dem Garagieren leere Fahrzeuge auf der Strecke befinden und der Zeitbedarf für das Leerfahren hoch ist.

5. Festsetzung Vorhaltemass V_{VOR} für Wind:

Aus der Tabelle Abschnitt (2) entnimmt man das bahntypabhängige Vorhaltemass V_{VOR} und wird zusammen mit den Angaben der Nutzungsvereinbarung, insb. Windalarm V_{AL} , den Wert V_{IB} und den entsprechenden Staudruck q_{IB} abhängig von der Aufstellungshöhe in M.ü.M. physikalisch berechnen und damit die Anlage für Wind in Betrieb auslegen.

$$V_{\text{IB}} = V_{\text{AL}} + V_{\text{VOR}}$$

Im Anhang sind die Beziehungen zwischen den Geschwindigkeiten und den Staudrücken für verschiedene Konstellationen und in Abhängigkeit der Meereshöhe festgehalten.

6. Umgang mit Böen

Die Arbeitsgruppe hat sich auch auf das Thema Böen fokussiert und intensiv darüber diskutiert.

Sie ist zum Schluss gekommen, dass die Thematik zu wenig systematisch bekannt ist und dass Böen keinen Gesetzmässigkeiten folgen, die es erlauben würden, genauere Vorhersagen zu machen, die allenfalls in das vorliegende Dokument nutzenbringend einfließen könnten.

Unbestritten ist, dass Beobachtungen zeigen, dass der Einfluss von Böen im Betrieb (Häufigkeit, Intensität) zunimmt und deshalb aufmerksam zu verfolgen ist.

Dementsprechend sind die Kenntnisse der Betreiber der lokalen Gegebenheiten unbedingt in jede Projektierung miteinzubeziehen.

7. Fazit

Die Wegleitung bezieht sich primär auf neue Anlagen. Die erarbeiteten Erkenntnisse von Betreibern, Herstellern und Behörden sollen Diskussionen zu Wind in Betrieb erleichtern und die Erkenntnisse als Richtschnur in die Projektierung und Bewilligungspraxis einfließen.

Die Planungssicherheit soll bereits in einem frühen Stadium der Projektierung hoch sein.

Bei Umbauten von bestehenden Anlagen können die hier festgehaltenen Punkte im Rahmen der konkreten Planung berücksichtigt werden.

Hinweis für Bewilligungsverfahren:

Setzen sich die Betreiber und Gesuchsteller mit den oben ausgeführten Abschnitten Nr. (1)-(5) sachlich auseinander, legen ihre Überlegungen dar und wenden die Erkenntnisse im Projekt und im Betriebskonzept an, dürfen sie im Rahmen eines Plangenehmigungsverfahrens eine hohe Planungssicherheit für die Anlage erwarten.

Anhang: Zusammenhang der wichtigsten Parameter**Auslegungsstaudrücke q_{IB}**

			mittlere Meereshöhe [M.ü.M.]																
			1000	1500	2000	2500	3000												
			Luftdichte [kg/m ³]																
			1.11	1.06	1.01	0.96	0.91												
V_{AL} (km/h)	V_{VOR} (km/h)	V_{IB} (km/h)	Staudruck in Betrieb q_{IB} (N/m ²)																
60	20	80	274	262															
	15	75																	
	10	70																	
	5	65																	
	0	60																	
70	20	90	347	331	316	300	284												
	15	85						309	295	282	268								
	10	80										274	262		254				
	5	75																	
	0	70																	
80	20	100	428	409	390	370	351												
	15	95						386	369	352	334								
	10	90										347	331	316	300				
	5	85														309	295	282	268
	0	80																	
90	20	110	518	495	471	448	425												
	15	105						472	451	430	408								
	10	100										428	409	390	370				
	5	95														386	369	352	334
	0	90																	
100	20	120	617	589	561	533	506												
	15	115						566	541	515	490								
	10	110										518	495	471	448				
	5	105														472	451	430	408
	0	100																	

V_{AL} : Windgeschwindigkeit bei Windalarm

V_{VOR} : Vorhaltemass

V_{IB} : dimensionierende Windgeschwindigkeit. Daraus wird meereshöhenabhängig der Staudruck q_{IB} ermittelt.

Werte unter $V_{IB} = 80$ km/h werden nicht gerechnet

Werte unter $q_{IB} = 250$ N/m² sind nicht zulässig.

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Verantwortlich für die Herausgabe

Seilbahnen Schweiz SBS, Giacomettistrasse 1, 3006 Bern

Autoren der Wegleitung

Andrea Beck, Barholet AG
Urs Bürgi, Bundesamt für Verkehr BAV
Christoph Egger, Betreibervertreter LSMS
Serge Guntern, Betreibervertreter NVRM
Fritz Jost, Seilbahnen Schweiz SBS
Bernd Populorum, Garaventa AG
Hans-Baptist Seeberger, IKSS

Auftraggeber

Management Board Seilbahnen (Bundesamt für Verkehr / IKSS / IARM Schweiz / Seilbahnen Schweiz), genehmigt am 22.04.2021

Datei:

Arbeitshilfe Wind IB 2021-04-13 V1-1.docx

Version

08. Dezember 2020, Version 1.0

13. April 2021, Version 1.1 (Redaktionelle Korrekturen, keine wesentlichen Änderungen)