

Technische Leistungsbeschreibung – Erneuerung von zwei Schrankenanlagen am Tunnel Altglienicke (TAG)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Ziel der Maßnahme	1
2. Geltende Vorschriften und Normen	2
3. Beschreibung der Bestandslage	4
3.1 Vorhandene Schrankenanlagen und Ausstattung	4
4. Aufgabenbeschreibung für den Auftragnehmer	4
5. Technische Anforderungen an die neue Schrankenanlage	6
6. Sicherheitsanforderungen	9
7. Steuerung, Kommunikation und Integration in das Leitsystem	10
a. Schnittstellen und Protokollanforderungen	10
b. Integration in steuerungstechnische Abläufe	11
c. Kommunikationstechnik und IT-Sicherheit	12
d. Lokale Bedienung vor Ort	12
e. Integrations- und Systemtests	12
8. Dokumentation, CE-Kennzeichnung, Abnahme und Schulung	13
9. Zeitlicher Ablauf und Bauphasen	14
10. Fachliche Mindestanforderungen (Personal)	15

1. Einleitung und Ziel der Maßnahme

Im **Tunnel Altglienicke (TAG)** an der Bundesautobahn A 113 in Berlin sollen zwei vorhandene Schrankenanlagen durch moderne, zuverlässige Schranken ersetzt werden. Diese Schranken sichern die beiden Tunnelportale, indem sie bei Bedarf die Fahrbahnen (je ca. 4 m breite Fahrspuren) vertikal absperren – etwa, um bei der Detektion überhoher Fahrzeuge oder in Notfällen den Tunnel sofort zu sperren. Die bestehenden Schranken stammen aus der ursprünglichen Tunnelausstattung (Inbetriebnahme Mitte der 2000er-Jahre) und entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Sie weisen altersbedingten Verschleiß auf und haben technische Defizite.

Ziel der Maßnahme ist es, die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Tunnelausrüstung zu erhöhen, indem die alten Schranken durch neue Anlagen ersetzt werden. Die neuen Schrankenanlagen sollen den aktuellen technischen Standards entsprechen und die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer gewährleisten. Insbesondere muss die vorhandene Überhöhenkontrolle (Höhenmess-Sensorik vor dem Tunnelportal) wieder voll funktional in das System eingebunden werden: Zu hohe Fahrzeuge sollen

frühzeitig erkannt und durch Schließen der Schranke am Einfahren gehindert werden. Selbst gelegentliche Fehlalarme (z. B. durch flatternde Planen an Lkw) sind im Sinne der Tunnelsicherheit akzeptabel, da hierdurch Unfälle im Tunnel verhindert werden.

2. Geltende Vorschriften und Normen

Für die Planung, Ausführung und den Betrieb der Schrankenanlagen gelten die allgemein anerkannten Regeln der Technik sowie alle einschlägigen gesetzlichen und normativen Vorgaben. Die folgenden Vorschriften und Normen sind in ihrer aktuellen Fassung zwingend zu beachten (inklusive aller zum Zeitpunkt der Ausführung gültigen Änderungen und Ergänzungen):

- **Richtlinien für die Ausstattung und Gestaltung von Ingenieurbauwerken, Teil 3: Tunnel (RE-ING)** – Aktuelle Richtlinie des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, die Anforderungen an die Planung und Ausrüstung von Straßentunneln definiert. Insbesondere sind darin Vorgaben zur Sicherheitseinrichtung von Tunnelzufahrten (z. B. Schranken an Tunnelportalen) enthalten, die hier zu berücksichtigen sind.
- **Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS)**, Ausgabe 2012 (bzw. neueste Fassung), und **Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ)**, Ausgabe 1999 (bzw. aktuell) – Diese Regelwerke beschreiben die Architektur von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) auf Bundesfernstraßen. Relevant sind insbesondere die Schnittstellen- und Kommunikationsstandards, um die Schrankensteuerung nahtlos in das vorhandene Verkehrsleitsystem einzubinden (Integration in die bestehende Unterzentrale, z. B. UZ 65 der VBA A 113, und Anbindung an die zentrale Tunnel-Leitzentrale).
- **ASR A1.7 „Türen und Tore“** (Technische Regel für Arbeitsstätten) – Diese Arbeitsstättenregel konkretisiert die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung für kraftbetätigte Türen und Tore im Arbeitsstättenbereich. Schranken werden zwar nicht ausdrücklich genannt, sind aber sinngemäß vergleichbar. Dementsprechend sind die dort genannten Sicherheitsanforderungen (z. B. verpflichtende Notbedieneinrichtungen, Schutz vor Quetsch- und Scherstelle) auch bei Schranken analog anzuwenden – insbesondere, wenn im abgesperrten Bereich Beschäftigte (Wartungspersonal etc.) tätig sein können.
- **DIN EN 12453 „Tore – Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore – Anforderungen“** und **DIN EN 12445 „Tore – Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore – Prüfverfahren“** – Diese Europäischen Normen (in Deutschland als DIN EN veröffentlicht) legen die Sicherheitsanforderungen und Prüfkriterien für kraftbetätigte Tore und Schranken fest. Insbesondere definieren sie Grenzwerte für zulässige Kräfte an Schließkanten und entsprechende Messverfahren. Im vorliegenden Kontext sind diese Normen maßgeblich für die Auslegung der Hinderniserkennung und Kraftbegrenzung der Schranken (vgl. Abschnitt 6).
- **DIN EN 12604 „Tore – Mechanische Aspekte – Anforderungen“** und **DIN EN 12605 „Tore – Mechanische Aspekte – Prüfverfahren“** – Diese Normen behandeln die mechanische Konstruktion und Dauerhaltbarkeit kraftbetätigter Tore. Anforderungen an die mechanische Festigkeit, Verschleißfestigkeit und Dauerfunktion der Schrankenbauteile (z. B. Lebensdauer von Federn, Belastbarkeit von Schwenkmechanismen) lassen sich daraus ableiten.
- **DIN EN 12635 „Tore – Einbau und Nutzung“** – Diese Norm legt Anforderungen an Montage, Betrieb, Wartung und Instandhaltung von kraftbetätigten Toren und Schranken fest. Insbesondere muss der Hersteller geeignete Anleitungen und Wartungspläne beistellen, damit die Anlagen ordnungsgemäß und sicher installiert, betrieben, regelmäßig geprüft und instandgehalten werden können. Ein Wartungsbuch zum Dokumentieren der durchgeführten Prüfungen und Wartungen ist gemäß DIN EN 12635 zu führen.
- **DIN EN 13241 „Tore – Produktnorm für Tore und Schranken“** – Diese Europäische Produktnorm definiert die maßgeblichen Leistungseigenschaften und

Sicherheitsanforderungen für Tore und Schranken als Bauprodukte. Sie umfasst u. a. Vorgaben zur mechanischen Festigkeit, sicheren Funktion, Nutzungsdauer sowie zu Umwelteinflüssen (z. B. Windlastwiderstand, Temperaturbeständigkeit). Die Einhaltung der DIN EN 13241 (neueste Fassung) ist für die neuen Schrankenanlagen verpflichtend, da sie die Grundlage für die CE-Kennzeichnung bildet.

- **Maschinenrichtlinie 2006/42/EG** (umgesetzt in deutsches Recht durch das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) und die 9. ProdsV) – Die Schrankenanlage gilt als „Maschine“ im Sinne dieser EU-Richtlinie und muss daher über eine CE-Konformitätserklärung gemäß Maschinenrichtlinie verfügen. Alle grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der Richtlinie sind umzusetzen. Insbesondere hat der Hersteller bzw. der Auftragnehmer eine Risikobeurteilung für die Gesamtanlage durchzuführen, die Einhaltung der oben genannten harmonisierten Normen (z. B. EN 13241, EN 12453) nachzuweisen und eine CE-Kennzeichnung an der Anlage anzubringen.
- **Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU** und **EMV-Richtlinie 2014/30/EU** – Als elektrische Betriebsmittel müssen alle Komponenten der Schrankenanlage die einschlägigen Bestimmungen zur elektrischen Sicherheit und zur elektromagnetischen Verträglichkeit erfüllen. Dies umfasst z. B. die Einhaltung der Normenreihe **DIN EN 60204-1** (VDE 0113 Teil 1 – Sicherheit von Maschinen: Elektrische Ausrüstung) für den Steuerungs- und Antriebsschrank sowie Normen der **DIN EN 61000-x**-Reihe für Störfestigkeit und Emissionen im industriellen Umfeld.
- **Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)** – Insbesondere TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln“ ist relevant für die wiederkehrenden Prüfungen der Schrankenanlage im Betrieb (z. B. jährliche UVV-Prüfung durch eine befähigte Person). Auch TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung“ und weitere einschlägige TRBS sind zu berücksichtigen, um alle Gefährdungen beim Betrieb der Schranken systematisch zu ermitteln und geeignete Schutzmaßnahmen festzulegen.
- **DGUV-Vorschriften und -Regeln der Unfallversicherungsträger** – Hier sind vor allem **DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“** sowie die **DGUV Information 208-022 „Türen und Tore“** (ehemals BGI 861) einschlägig. Letztere enthält Hinweise zum sicheren Betrieb von Türen und Toren – sinngemäß auch von Schranken. Unter anderem fordert sie regelmäßige Prüfungen der Schrankenanlage durch befähigte Personen mindestens einmal jährlich (sog. UVV-Prüfung) sowie eine Unterweisung der Beschäftigten im sicheren Gebrauch der Anlage.
- **Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)** und **Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)** – Soweit die Schrankenanlage Teil einer Arbeitsstätte ist (z. B. im Verantwortungsbereich der Autobahnmeisterei für Wartung/Bedienung), sind die Vorgaben dieser Verordnungen einzuhalten. Die BetrSichV verlangt u. a. eine Gefährdungsbeurteilung und darauf basierende Schutzmaßnahmen für das Betreiben der Arbeitsmittel (hier: die Schrankenanlagen).

Alle genannten Regelwerke und Normen sind in der jeweils aktuellen und gültigen Fassung maßgeblich. Die Einhaltung der relevanten Vorgaben ist vom Auftragnehmer im Zuge der Ausführung nachzuweisen. Sollte es darüber hinaus weitere – hier nicht explizit genannte – einschlägige Vorschriften geben (z. B. länderspezifische Bestimmungen oder zusätzliche Anforderungen des Auftraggebers), sind auch diese zu erfüllen.

3. Beschreibung der Bestandslage

3.1 Vorhandene Schrankenanlagen und Ausstattung

An jedem Tunnelportal ist derzeit eine vertikal schwenkende Schrankenanlage installiert, um bei Bedarf die jeweilige Fahrtrichtung zu sperren. Jede Fahrspur von ca. 4 m Breite wird im geschlossenen Zustand der Schranke vollständig durch einen horizontalen Schrankenbaum (Sperrbaum) aus Metall blockiert. Die vorhandenen Schranken bestehen aus einer standsicheren Basis- bzw. Gehäuseeinheit am Fahrbahnrand (Standssäule) mit integriertem Antrieb und Steuerung, einem horizontal schwenkbaren Schrankenbaum sowie einer gegenüberliegenden Auflage bzw. Fangvorrichtung, in der der Baum im geschlossenen Zustand ruht.

Aktuell verfügen die Schrankenanlagen über hydraulische Antriebe. In jedem Schrankengehäuse befindet sich ein Hydraulikaggregat (Elektropumpe, Ventilblock, Ölbehälter), das einen Hydraulikzylinder antreibt. Der Zylinder bewegt den Schrankenbaum zum Öffnen vertikal nach oben (Hochschwenken) und zum Schließen wieder nach unten in die waagerechte Sperrstellung. Die Endlagen werden mechanisch begrenzt und über Endlagenschalter an die Steuerung gemeldet.

Die Schranken sind in die übrige Tunnelbetriebstechnik integriert. Bei einer Überhöhenmeldung – d. h. wenn ein Höhenkontrollsensor einige Meter vor der Schranke ein zu hohes Fahrzeug erkennt – schließen sie automatisch, um das Fahrzeug noch vor dem Tunnelportal zum Stillstand zu bringen. Zusätzlich können die Schranken im Ereignisfall (z. B. Brand im Tunnel oder Unfall) von der Tunnel-Leitzentrale manuell angesteuert werden, um den Tunnel für den Verkehr zu sperren. Hierfür ist pro Schranke eine Lichtsignalanlage (Rotlichtampel) installiert, die bei geschlossener Schranke "Rot" zeigt, um den Verkehr anzuhalten. Die Schrankenbäume selbst sind rot-weiß markiert (reflektierende Warnstreifen) und verfügen über Anstrahlbeleuchtung bzw. integrierte Blinklichter, sodass sie auch nachts und bei schlechter Witterung im geschlossenen Zustand gut wahrnehmbar sind.

4. Aufgabenbeschreibung für den Auftragnehmer

Der Auftragnehmer (AN) hat im Rahmen dieser Maßnahme sämtliche Leistungen zu erbringen, die für die Erneuerung der Schrankenanlagen erforderlich sind. Im Einzelnen umfasst dies – in neutraler, produktunabhängiger Beschreibung – folgende Aufgaben:

- **Demontage und Entsorgung der Bestandsanlagen:** Die beiden bestehenden Schrankenanlagen (einschließlich aller zugehörigen Komponenten) sind fachgerecht abzubauen und zu entfernen. Dies umfasst insbesondere die Schrankenbäume, Antriebsaggregate (Hydraulikpumpen, Zylinder), Steuerungs- und Energieversorgungseinrichtungen (Schaltschränke, Verkabelungen) sowie etwaige Fundamente oder Befestigungskonsolen, sofern diese für die Neuinstallation nicht weiterverwendet werden können. Der AN hat für eine umweltgerechte Entsorgung aller ausgebauten Teile zu sorgen (Hydrauliköl ist z. B. als Sonderabfall zu behandeln). Beim Rückbau ist darauf zu achten, dass keine Beschädigungen an der umgebenden Bausubstanz entstehen (Tunnelportal, Fahrbahnbelag, Kabelschächte etc.). Vor und während der Demontage sind alle erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen – insbesondere ist die Baustelle gegen fließenden Verkehr abzusichern (Absperrung der Arbeitsstelle, ggf. temporäre Umleitung in Abstimmung mit dem Auftraggeber) und das Hydrauliksystem der Altanlage druckfrei zu machen.
- **Lieferung der neuen Schrankenanlagen:** Der AN liefert zwei neue Schrankenanlagen mit elektrischem Antrieb gemäß den technischen Anforderungen dieser Leistungsbeschreibung (siehe Abschnitt 5 und 6). Zum Lieferumfang gehören alle Bauteile der Schranken: die Schrankenbäume selbst, die Antriebssysteme (Motoren, Getriebe, Ausgleichseinrichtungen), die Steuerungsgeräte (Steuerungsmodul, Schaltschrank) sowie die erforderliche Sensorik und Sicherheitseinrichtungen. Ebenso gehören sämtliche Befestigungsmittel und Montagematerialien dazu. Alle Komponenten müssen fabrikneu und unbenutzt sein. Die

Lieferung umfasst auch sämtliches Zubehör, das für Montage und Betrieb benötigt wird (z. B. Verkabelungsmaterial, Montagesätze, Befestigungsanker oder ggf. Adapterplatten für die Montage auf vorhandenen Fundamentsockeln). Ferner ist eine passende unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) für die Schrankensteuerung zu liefern und in der Streckenstation zu installieren, um bei Stromausfall die Funktion der Schranken für einen definierten Zeitraum sicherzustellen (siehe Abschnitt 5, "Elektrische Ausstattung und Energieversorgung"). Der AN hat außerdem sicherzustellen, dass die gelieferten Anlagenteile bis zum Einbau sachgerecht gelagert werden, um Beschädigungen oder Witterungseinflüsse auszuschließen.

- **Montage und Installation:** Der AN übernimmt die vollständige Montage der neuen Schrankenanlagen vor Ort. Dies beinhaltet das Aufstellen bzw. Befestigen der Schranken-Standsäulen auf den vorhandenen oder neuen Fundamenten, die mechanische Montage der Schrankenbäume und Antriebe sowie die Installation aller Sensoren und Sicherheitseinrichtungen. Im Rahmen der elektrotechnischen Installation sind die neuen Antriebe und Steuerungen an die vorhandene Energieversorgung anzuschließen (ein 400 V / 230 V Stromanschluss steht in den Betriebsräumen am Tunnelportal bereit und wird für sicherheitsrelevante Systeme über eine USV-Notstromversorgung abgesichert). Ebenso sind die Steuer- und Meldeleitungen der Schranken an die vorhandene Übertragungstechnik in Richtung Tunnel-Leitstelle anzuschließen (siehe Abschnitt 7 zur Kommunikation). Alle Kabelverlegungen sind fach- und normgerecht auszuführen: Es sind geeignete Kabeltypen zu verwenden, die Verlegung erfolgt in bestehenden Kabeltrassen oder Schutzrohren, und Anschlüsse werden in Anschlusskästen mit ausreichender Schutzart vorgenommen. Sollte sich herausstellen, dass die vorhandene Verkabelung (z. B. Steuerleitungen der alten Schranken) nicht kompatibel ist oder hinsichtlich Querschnitts bzw. Aderzahl nicht ausreicht, hat der AN neue Leitungen einzuziehen. Hierfür notwendige Kabelwege und Durchführungen sind mit dem Auftraggeber abzustimmen; erforderliche Verkehrssicherungsmaßnahmen (z. B. kurzfristige Sperrungen bei Arbeiten im Fahrbahnbereich) sind rechtzeitig zu koordinieren.
- **Anschluss und Integration in das bestehende System:** Nach Abschluss der mechanischen und elektrischen Montage hat der AN die neuen Schranken in das vorhandene Tunnelsteuerungs- und Verkehrsleitsystem zu integrieren. Dies umfasst die Konfiguration bzw. Programmierung der Schrankensteuerung entsprechend den betrieblichen Anforderungen des Tunnels. Konkret müssen die Schranken auf die Signale der bestehenden Überhöhenkontroll-Sensorik reagieren (d. h. bei Überhöhenalarm automatisch schließen) und von der zentralen Leitstelle aus manuell bedienbar sein. Gegebenenfalls sind dazu Anpassungen an Schnittstellen oder Parametrierungen vorzunehmen (Details zu Schnittstellen siehe Abschnitt 7). Der AN arbeitet eng mit dem Betreiber der Tunnelsteuerung bzw. der zuständigen Leitstelle zusammen, um einen reibungslosen Übergang sicherzustellen. Während der Umschaltung von der Alt- auf die Neuanlage ist darauf zu achten, dass die Sicherheit jederzeit gewährleistet bleibt (siehe auch Abschnitt 9 zum Ablauf der Bauarbeiten).
- **Prüfung und Inbetriebnahme:** Bevor die neuen Anlagen in den regulären Betrieb übergehen, führt der AN umfassende Prüfungen und Inbetriebnahmetests durch. Dazu gehören Werksprüfungen (Factory Acceptance Tests) vor der Auslieferung, eine Prüfung der korrekten Montage vor Ort (mechanische Stabilität, korrekte Ausrichtung der Schrankenbäume, fester Sitz aller Befestigungen) sowie elektrische Prüfungen (z. B. Durchgängigkeit des Schutzleiters, Isolationsmessungen, Prüfung der Steuerungsfunktionen). Ferner sind Funktionsprüfungen aller Betriebs- und Sicherheitsszenarien durchzuführen. Jede Schranke ist testweise mehrfach zu öffnen und zu schließen; die Schnittstellen zur Leittechnik und die Reaktion auf die Überhöhenkontrolle sind zu verifizieren. Im Beisein des Auftraggebers (AG) und ggf. eines unabhängigen Sachverständigen erfolgt anschließend die formelle Inbetriebnahme und Abnahme. Dabei wird die einwandfreie Funktion aller Anlagenteile und Schnittstellen nachgewiesen. Der AN erstellt ein Inbetriebnahme- und Abnahmeprotokoll, in dem alle

Prüfschritte, Messwerte und Ergebnisse dokumentiert werden.

5. Technische Anforderungen an die neue Schrankenanlage

Die neuen Schrankenanlagen müssen technisch hochwertig sein und uneingeschränkt für den Einsatz am Tunnel Altglienicke (A 113) geeignet. Im Folgenden sind die **Mindestanforderungen** an die technischen Merkmale der Schranken aufgeführt. Unterschreitungen dieser Anforderungen (geringere Leistungsdaten oder weniger Funktionen als gefordert) sind unzulässig. Leistungsmerkmale, die über die Mindestanforderungen hinausgehen, sind zulässig, führen jedoch zu keiner zusätzlichen Vergütung. Sämtliche Anforderungen sind produktneutral zu verstehen – es werden Funktionen und Eigenschaften vorgegeben, nicht jedoch bestimmte Fabrikate.

Bauart und Abmessungen: Es sind zwei **vertikal öffnende** Schranken (Schlagbäume) bereitzustellen, die im geschlossenen Zustand jeweils eine Fahrspur vollständig horizontal absperren und im geöffneten Zustand den Verkehrsraum vollständig freigeben. Horizontale Drehschranken, Schiebetore oder andere seitlich öffnende Absperreinrichtungen sind **nicht zulässig**. Die erforderliche lichte Sperrbreite pro Fahrspur beträgt ca. 4,00 m; die Schrankenbäume sind entsprechend auszulegen (inklusive eines leichten Überstands für Lagerung und Auflage am freien Ende). Die Montagehöhe der Schrankenlagerung (Drehpunkt des Schrankenbaums) über der Fahrbahn soll ca. 1,0 m betragen, sofern nicht durch bauliche Gegebenheiten vorgegeben – bei Bedarf ist eine geringfügige Anpassung der Einbauhöhe möglich (höhenverstellbare Auflage bzw. Montage, um die optimale Absperrhöhe in der Sperrstellung zu gewährleisten). Im geöffneten Zustand muss der Schrankenbaum vollständig aus dem lichten Durchfahrtsprofil verschwinden, d. h. er darf nicht in das Tunnelprofil hineinragen. Die Schrankenbäume sind aus robustem, verwindungssteifem Material auszuführen (z. B. Aluminium-Hohlprofil mit Stahlkern oder gleichwertig), um Durchbiegungen zu minimieren. Der Antrieb muss den Schrankenbaum in jeder Position selbsttätig halten können (stufenloser Öffnungswinkel ohne Rastpunkte). Das bedeutet, der Schrankenbaum kann bei Bedarf in einer beliebigen Zwischenstellung gestoppt werden (für Testzwecke oder besondere Betriebsarten), ohne dass nur feste Endanschläge angefahren werden.

Antriebssystem: Die Schranken müssen einen vollständig **elektrischen Antrieb** besitzen. Vorgeschrieben ist ein elektromechanischer Antrieb (Motor-Getriebe-Einheit) mit geeigneter Ausgleichsvorrichtung (Feder- oder Gewichtsausgleich für den Schrankenbaum). **Hydraulikantriebe sind ausgeschlossen** – die Forderung “elektrisch betrieben” schließt hydraulische Komponenten aus. Der verwendete Motor soll idealerweise ein Drehstrommotor oder permanenterregter Gleichstrommotor sein, der mit Sanftanlauf und Sanftstopp betrieben wird (z. B. über Frequenzumrichter oder eine vergleichbare elektronische Steuerung), um ruckfreie Bewegungen zu gewährleisten. Die Antriebsleistung ist so auszulegen, dass schnelle Öffnungs- und Schließzeiten erreicht werden: Richtwert ist eine vollständige Öffnung oder Schließung in maximal 8–10 Sekunden, um im Alarmfall zügig reagieren zu können. Gleichzeitig muss der Bewegungsablauf kontrolliert und erschütterungsarm erfolgen – ein hartes Anschlagen in den Endlagen ist zu vermeiden. In den Offen- und Geschlossen-Positionen sollen Endlagenpuffer oder -dämpfer vorhanden sein, und die Steuerung soll einen Soft-Stopp ermöglichen, damit der Baum sanft in die Endposition einfährt.

Dauerbetrieb und Beanspruchung: Die Schrankenanlagen sind auf intensiven Dauerbetrieb auszulegen. Im Tunnel können häufige Schaltzyklen auftreten (jedes Auslösen der Überhöhenkontrolle bewirkt einen Schließvorgang; zusätzlich werden regelmäßig Funktionsproben durchgeführt). Der Antrieb muss daher für hohe Schalthäufigkeit und Dauerbetrieb geeignet sein. Gefordert wird mindestens 100 % Einschaltdauer bzw. Eignung für Dauerlauf – der Motor darf selbst bei häufigem Auf/Zu-Betrieb nicht überhitzen oder abschalten. Mechanisch ist ebenfalls eine hohe Lebensdauer sicherzustellen: Der Schrankenbaum, Lager, Hebel und Gelenke sollen mindestens 1.000.000 Zyklen (Öffnen + Schließen) ohne Funktionsverlust überstehen. Verschleißteile wie Ausgleichsfedern sind so zu dimensionieren, dass sie mindestens 500.000 Zyklen ohne Austausch bewältigen. Alternativ können auch redundante Federn zum Einsatz kommen, die einen Bruch einer einzelnen Feder auffangen,

sodass die Schranke dennoch funktionsfähig bleibt, bis eine Instandsetzung erfolgt.

Witterungs- und Umwelteinflüsse: Die Schrankenanlagen werden im Portalbereich des Tunnels montiert. Dieser ist zwar teilweise vor Witterung geschützt, jedoch wirken dennoch Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit und Abgase auf die Anlage ein. Alle Komponenten müssen daher für den Einsatz im Freien bzw. in rauer Umgebung geeignet sein. Die Betriebstemperaturspanne der Anlage soll mindestens von -20 °C bis $+60\text{ °C}$ reichen, ohne dass Einschränkungen in der Funktion auftreten. Gehäuse und Metallteile müssen korrosionsbeständig ausgeführt sein: Stahlteile sind z. B. verzinkt oder aus nichtrostendem Stahl zu fertigen; Lackierungen erhalten eine wetterfeste Beschichtung. Kunststoffteile müssen UV-beständig und alterungsresistent sein. Die Anlage muss über eine ausreichende Schutzart verfügen: Für die Hauptgehäuse (Steuerungs- und Antriebsgehäuse) ist mindestens IP65 (staubdicht und strahlwassergeschützt) einzuhalten. Für im Schrankenbaum integrierte elektrische Komponenten (z. B. Verkabelung zu Signalleuchten) ist ebenfalls eine angemessene Kapselung vorzusehen (z. B. IP67 für Steckverbinder im Baum). Ferner ist sicherzustellen, dass die Anlage gegenüber elektromagnetischen Einflüssen im Tunnelumfeld unempfindlich ist und selbst keine unzulässigen Störungen verursacht. (Funkanlagen der Einsatzkräfte im Tunnel, Mobilfunk-Repeater, Radar-Sensoren etc. dürfen nicht beeinflusst werden und umgekehrt. Die relevanten EMV-Normen für industrielle Umgebungen sind einzuhalten – vgl. EMV-Anforderungen in Abschnitt 6.)

Mechanische Festigkeit: Die mechanische Konstruktion der Schranke muss so ausgelegt sein, dass sie den zu erwartenden Windlasten sowie aerodynamischen Sog- und Druckkräften durch vorbeifahrende Fahrzeuge standhält. Im geschlossenen Zustand wirkt auf den horizontalen Schrankenbaum insbesondere Winddruck (z. B. bei Sturm) sowie Sog/Druck durch die Luftströme an einem Tunnelportal. Der AN hat einen statischen Nachweis zu erbringen, dass die Durchbiegung des Schrankenbaums unter maximaler Belastung innerhalb zulässiger Grenzen bleibt und keine resonanzbedingten Schwingungen auftreten, die zu Materialermüdung führen könnten.

(Orientierungshilfe: Der Nachweis kann sich an einschlägigen Normen orientieren, z. B. den Anforderungen der DIN EN 13241 bezüglich Windlastwiderstand. **Als Richtwert** gilt, dass die elastische Durchbiegung in der Mitte der Spannweite unter Last weniger als ca. 2 % der Spannweite betragen sollte und dass das freie Ende im geschlossenen Zustand nicht unzulässig schwingt.) Falls die freie Spannweite von ca. 4 m dies erforderlich macht, kann am freien Ende des Schrankenbaums eine Pendelstütze oder Auflage vorgesehen werden, die im geschlossenen Zustand den Baum abstützt. Eine solche Pendelstütze muss beim Öffnen automatisch wegklappen bzw. an den Schrankenbaum angelegt sein – feste Mittelstützen, die im geöffneten Zustand den Durchfahrtsraum einschränken würden, sind unzulässig. Alternativ ist ein ausreichend steifer Schrankenbaum ohne jegliche Stütze zulässig, sofern nachgewiesen wird, dass dessen Durchbiegung und Schwingungsverhalten innerhalb der oben genannten Grenzen bleiben.

Kollisionsverhalten: Der Schrankenbaum soll so gestaltet sein, dass er im Notfall (z. B. bei einer Fahrzeugkollision) kontrolliert nachgibt, um größere Schäden zu vermeiden. Idealerweise kommt ein Abreiß- oder Ausklinksystem zum Einsatz, bei dem der Baum aus der Halterung gelöst wird, falls er von einem Fahrzeug heftig angefahren wird. Hierdurch sollen sowohl das anführende Fahrzeug als auch die Schrankenanlage selbst vor schwerwiegenden Zerstörungen bewahrt werden. Der abgerissene Schrankenbaum darf dabei nicht in den Verkehrsraum hineinwirken (Gefahr von Folgeunfällen); nach Möglichkeit soll er an einer Seite befestigt bleiben oder kontrolliert zu Boden fallen. Nach einer Kollision muss die Schranke mit geringem Aufwand wieder instandgesetzt werden können (z. B. durch Einsetzen eines neuen Schrankenbaums oder Austauschen definierter Sollbruch-Teile).

Elektrische Ausstattung und Energieversorgung: Die Schrankenantriebe werden an das vorhandene Stromnetz des Tunnels angeschlossen. Am Montageort steht ein 400 V Drehstromanschluss (TN-S-

Netz) zur Verfügung, der für sicherheitsrelevante Anlagen üblicherweise über eine USV-Notstromversorgung abgesichert ist. Die Schrankensteuerung kann entweder mit 230 V AC oder mit Kleinspannung arbeiten – falls erforderlich, ist ein Transformator oder Schaltnetzteil vorzusehen und mitzuliefern. Die Leistungsaufnahme der Schranke sollte effizient sein: Im Ruhezustand soll der Stromverbrauch gering sein (Richtwert < 50 W je Anlage); im Bewegungsbetrieb liegt er kurzzeitig im Bereich einiger 100 W (abhängig von Motor und Frequenzumrichter). Wichtig ist eine geeignete Strategie für den Fall eines Netzausfalls: Bei Stromausfall muss die Schranke entweder in ihrer aktuellen Stellung verharren (und mechanisch verriegelt bleiben) oder – nach vorher definierter Logik – automatisch in eine festgelegte sichere Stellung fahren (typischerweise „Offen“). Im Tunnelbetrieb wird bei allgemeinem Stromausfall der Tunnel für den Verkehr gesperrt, sodass kein sofortiges automatisches Öffnen der Schranken erforderlich ist; eine manuelle Notbedienung vor Ort (siehe Abschnitt 6) ist ausreichend. **Dennoch ist zur Erhöhung der Ausfallsicherheit eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) vorzusehen.** Die USV sorgt dafür, dass die Schrankenanlage bei Ausfall der Netzspannung für einen definierten Zeitraum weiterbetrieben werden kann. Insbesondere soll noch mindestens ein letzter Schließ- oder Öffnungsvorgang ermöglicht werden oder die Schranke für eine gewisse Zeit in Offen-Stellung gehalten werden können. Die USV-Einheit ist in den Betriebsräumen bzw. der Streckenstation am Tunnelportal zu installieren und so zu dimensionieren, dass sie die Schrankensteuerung für einen ausreichend langen Zeitraum (z. B. **30 Minuten**) versorgen kann. **(Die genaue Auslegung der Notstromüberbrückung wird mit dem AG abgestimmt.)**

Steuerungs- und Schaltschrankausstattung: Der Steuer- und Leistungsschrank der Schrankenanlage muss alle notwendigen Komponenten enthalten: Motorstarter bzw. Frequenzumrichter, Steuerrelais oder eine SPS-Steuerplatine, Schnittstellenmodule für Meldungen und Befehle, einen Hauptschalter, Schutzorgane (Leitungsschutzschalter, FI/RCD sofern erforderlich) sowie Klemmen und Beschriftungen für alle Anschlüsse. Dieser Schaltschrank ist entweder in einem vorhandenen Technikraum in Portalnähe unterzubringen (geschützter Bereich) oder – falls baulich vorgesehen – im Fuß der Schranken-Standsäule zu integrieren. Im Falle der Integration in die Standsäule muss das Gehäuse dennoch mindestens Schutzart IP65 erfüllen und ausreichend Platz für eine servicefreundliche Installation bieten. Alle elektrischen Anschlüsse und Klemmen sind eindeutig zu beschriften und im Schaltplan zu dokumentieren. Darüber hinaus ist ein geeigneter Überspannungs- und Blitzschutz vorzusehen: Sowohl die Energieversorgungsleitungen als auch Steuerleitungen, die aus dem Tunnelgebäude herausgeführt werden (z. B. Verbindungen zur Leitzentrale), sind mit Überspannungsableitern gegen Blitz- und Spannungsspitzen zu schützen. Die Erdung bzw. der Potentialausgleich der Schrankenanlage ist vorschriftsgemäß mit der vorhandenen Tunnelerde (Potentialausgleichsschiene) zu verbinden. Im Falle von externen Überspannungen oder Blitzeinwirkungen darf kein gefährlicher Zustand der Schranke entstehen – schlimmstenfalls muss die Anlage in den sicheren Zustand wechseln oder abschalten, ohne Personen zu gefährden (Fail-Safe-Verhalten bei Überspannung).

Kommunikationsschnittstellen: Die Schrankensteuerung muss über geeignete Schnittstellen verfügen, um Befehle und Rückmeldungen mit der vorhandenen Tunnel-Leittechnik auszutauschen. Es sind mindestens folgende Signale bereitzustellen:

- **Status-Rückmeldungen:** „Schranke geöffnet“ (Endlage oben erreicht), „Schranke geschlossen“ (Endlage unten erreicht), „Schranke in Bewegung/Zwischenstellung“ (optional) sowie „Störung/Fehler“ und „Notbedienung aktiv“. Ggf. ist zusätzlich ein Signal „Netzausfall/Notbetrieb“ bereitzustellen, falls eine USV- oder Batteriepufferung eingesetzt wird.
- **Steuerbefehle:** „Öffnen“, „Schließen“ sowie „Stopp“ (sofortiger Halt des Bewegungsablaufs).

Diese Befehle und Meldungen müssen zuverlässig zwischen der Schrankenanlage und der zentralen Steuerung übertragen werden. **(Die genaue technische Art der Anbindung – z. B. potenzialfreie**

Relaiskontakte oder ein Bussystem – wird in Abschnitt 7 detailliert beschrieben.)

6. Sicherheitsanforderungen

Die neuen Schrankenanlagen müssen höchste Sicherheitsstandards erfüllen, um jegliche Gefährdung von Personen oder Sachwerten im Betrieb auszuschließen. Insbesondere sind folgende Sicherheitsanforderungen verbindlich umzusetzen:

- **Hinderniserkennung und Kraftbegrenzung:** Beim Schließen der Schranke darf weder eine Person noch ein Fahrzeug durch das herabfahrende Bauteil verletzt oder beschädigt werden. Die Schranke muss daher über eine zuverlässige Hinderniserkennung verfügen und die aufgebrauchte Schließkraft begrenzen. Dies wird durch zwei sich ergänzende Sicherheitsprinzipien erreicht: (1) **Elektronische Kraftüberwachung:** Die Steuerung überwacht kontinuierlich die vom Antrieb ausgeübte Kraft. Sobald der Motor einen ungewöhnlich hohen Widerstand registriert (Indiz für ein Hindernis, z. B. wenn der Schrankenbaum auf ein Objekt auftrifft), muss der Motor sofort abschalten und – soweit konstruktiv möglich – der Schrankenbaum ein Stück anheben, um Druck vom Hindernis zu nehmen. (2) **Externe Sensorik im Sperrbereich:** Zusätzlich zur Kraftabschaltung ist eine unabhängige Sensorik einzusetzen, die Objekte im Schwenkbereich der Schranke erkennt. Mindestens eine Lichtschranke (z. B. ein Infrarot-Lichttaster) ist unterhalb des Schrankenbaums quer über die Fahrspur zu installieren, welche den Bereich abtastet, den der Schrankenbaum beim Schließen einnimmt. Wird diese Lichtschranke unterbrochen (z. B. weil ein Fahrzeug oder eine Person im Weg ist), darf die Schranke gar nicht erst schließen bzw. ein laufender Schließvorgang muss sofort gestoppt und reversiert werden. Falls in der Fahrbahn bereits Induktionsschleifen als Fahrzeugdetektoren vorhanden sind, können diese ergänzend in die Logik einbezogen werden; jedoch sind Induktionsschleifen gemäß DIN EN 13241 bzw. DIN EN 12453 nicht als primäre Sicherheitseinrichtung für kraftbetätigte Tore zulässig – sie dienen nur als zusätzliches Signal neben der primären Hinderniserkennung (Kraftüberwachung/Lichtschranke). Die Schließgeschwindigkeit ist so zu begrenzen, dass im Fall eines Kontakts nur geringe Kräfte auf das Hindernis wirken. Gemäß DIN EN 12453 gelten folgende Grenzwerte für kraftbetätigte Tore/Schranken: eine dynamische Aufprallkraft von max. ca. 400 N beim ersten Kontakt, abfallend auf 150 N innerhalb von 0,75 s und auf 25 N nach spätestens 5 s. Diese Kraftgrenzen sind unbedingt einzuhalten, um Personen bei einem unbeabsichtigten Zusammenstoß nicht zu gefährden. Der AN hat im Rahmen der Abnahme die Einhaltung dieser Grenzwerte nachzuweisen (siehe Prüfverfahren nach DIN EN 12445).
- **Notbedienung und Ausfallkonzept:** Für den Fall eines technischen Defekts oder Stromausfalls muss die Schrankenanlage über eine Notbedienung verfügen. Vorzusehen ist eine manuelle Handbetätigung direkt an der Schranke, mit der der Schrankenbaum z. B. mittels Kurbel oder Handhydraulik langsam bewegt und geöffnet werden kann. Die Bedienung dieser Notfall-Einrichtung soll nur mit einem speziellen Schlüssel oder Werkzeug möglich sein, sodass Unbefugte sie nicht auslösen können. In der Betriebsanleitung des Herstellers sind klare Anweisungen für die Notbetätigung zu geben. Im Notbetrieb (z. B. bei USV-gestütztem Weiterbetrieb während Netzausfall) muss das System in einen sicheren Zustand übergehen. Üblicherweise verbleibt die Schranke bei Netzausfall in der momentanen Stellung oder fährt automatisch in die Offen-Position, um Rettungsfahrzeugen die Durchfahrt zu ermöglichen. Wichtig: Auch im ausgefallenen Zustand darf der Schrankenbaum im geschlossenen Zustand nicht einfach manuell hochgedrückt oder entriegelt werden können. Gegebenenfalls ist hierfür eine mechanische Verriegelung des Baums in der Endlage „Geschlossen“ vorzusehen, die ein unbefugtes Hochdrücken verhindert. Diese Verriegelung muss vor einem Öffnen der Schranke (sei es durch den Antrieb oder per Handbedienung) entriegelt werden, damit der Baum schwenken kann. Ein unkontrolliertes Herabfallen des Schrankenbaums beim Lösen einer Verriegelung ist durch konstruktive Maßnahmen (z. B. Federn oder Dämpfer) auszuschließen.

- **Sicherheitskategorie und Ausfallsicherheit der Steuerung:** Die Steuerungs- und Sicherheitstechnik der Schranke ist nach den einschlägigen funktionalen Sicherheitsnormen auszulegen (z. B. DIN EN 13849 oder DIN EN 61508/62061). Es ist ein dem Gefährdungsrisiko angemessener Performance Level (PL) bzw. Safety Integrity Level (SIL) zu erfüllen – mindestens jedoch PL c nach DIN EN ISO 13849-1 für die Funktion “Schließen der Schranke” unter Berücksichtigung der vorhandenen Schutzeinrichtungen. Komponenten, die für die Sicherheit wesentlich sind (z. B. Endlagenschalter, Lichtschranke, Not-Halt-Einrichtungen), müssen fehlersicher konzipiert sein, d. h. bei Ausfall in einen sicheren Zustand wechseln. Es ist eine Selbstüberwachung der sicherheitskritischen Funktionen vorzusehen, sodass Fehler wie Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen oder Ausfälle von Sensoren erkannt werden. Im Störfall muss die Schranke entweder blockieren (stehender Zustand) oder – sofern sicherheitsmäßig vorteilhafter – öffnen; ein gefährliches Weiterbewegen trotz erfasster Störung ist auszuschließen.
- **Zugriffsschutz und Berechtigungen:** Die Schrankenanlage ist gegen unbefugte Nutzung zu sichern. Alle Steuerungs- und Schalteinrichtungen sind gegen unbefugten Zugriff geschützt anzubringen: Schaltschränke und Steuergehäuse sind abschließbar auszuführen, damit Unbefugte keinen Zugang erhalten. Bedien- und Notbedienelemente, die von außen zugänglich sind (z. B. Nothandbetätigung oder lokale Steuerbox), müssen gegen missbräuchliche Betätigung gesichert sein (z. B. durch abschließbare Deckel oder mittels Schlüsselschalter). Die Ansteuerung über die Tunnel-Leittechnik darf nur durch berechtigtes Betriebspersonal erfolgen; entsprechende Zugriffsberechtigungen und Passwortschutz sind im Leitsystem umzusetzen.
- **Brand- und Explosionsschutz:** Im Falle eines Brandereignisses im Tunnel müssen die Schranken in sicherer Stellung verbleiben oder gebracht werden. In der Regel wird der Tunnel bei Bränden ohnehin für den Verkehr gesperrt, sodass die Schranken geschlossen bleiben oder schließen sollen, um eine Einfahrt zu verhindern. Alle Komponenten der Schranke müssen zumindest kurzzeitig den thermischen Belastungen standhalten, die bei einem Brand im Portalbereich auftreten können (typischerweise einige Minuten Hitzeeinwirkung, bevor Sprinkler- oder Löscheinrichtungen aktiviert werden). Entsprechende Materialien (feuerverzinkter Stahl, schwer entflammbare Kunststoffe etc.) sind vorzusehen. Sollte die Schranke Teil eines explosionsgefährdeten Bereichs sein (z. B. durch Austritt brennbarer Gase im Tunnel), sind ggf. ATEX-Anforderungen zu berücksichtigen – dies ist mit dem Betreiber im Vorfeld abzuklären.

7. Steuerung, Kommunikation und Integration in das Leitsystem

a. Schnittstellen und Protokollanforderungen

Die Schrankensteuerung muss in die vorhandene Tunnel-Leittechnik integriert werden. Hierzu sind geeignete Schnittstellen bereitzustellen, die den Datenaustausch zwischen Schranke und zentraler Steuerung ermöglichen. In Abstimmung mit dem Betreiber wird festgelegt, welche Kommunikationsarchitektur genutzt wird. Typischerweise kommen für Tunnelanlagen folgende Prinzipien in Frage:

- **Potentialfreie Kontakte:** Die Schranke stellt ihre Statusmeldungen (Offen/Zu/Störung etc.) als potenzialfreie Relaiskontakte bereit, die auf Klemmen gelegt werden. Ebenso nimmt sie Steuersignale wie “Schließen” oder “Öffnen” über externe Kontakteingänge entgegen. Diese konventionelle Anbindung ist zuverlässig und kompatibel mit praktisch allen Leitstellensystemen. Es müssen ausreichend Kontakte für alle geforderten Signale vorhanden sein, und diese sind elektrisch so zu gestalten, dass die Übertragungsstrecken (bis zur Unterzentrale) überbrückt werden können.
- **Bus-System (IP-basierte Kommunikation):** Alternativ oder zusätzlich kann die Schrankensteuerung an ein Bussystem oder IP-Netzwerk angebunden werden. In modernen

Tunnelanlagen existieren häufig Ethernet-basierte Kommunikationsnetzwerke bis zu den Streckenstationen. Die Schranke sollte in diesem Fall über ein geeignetes Kommunikationsprotokoll anbindbar sein, z. B. **OPC UA, Modbus/TCP, PROFINET** oder ein proprietäres Protokoll des Leitstellensystems, sofern diese Schnittstellen dafür bereitstellt. Wichtig ist, dass die Kommunikation deterministisch und sicher erfolgt. Wenn eine Busanbindung vorgesehen wird, muss sie redundant oder mit Fallback-Ebene (z. B. zusätzlich Hardwarekontakte für Hauptfunktionen) ausgeführt sein, um bei einem Busausfall die Funktion der Schranke nicht zu gefährden.

- **Integration in Unterzentralen-Technik:** Die Schrankensteuerung wird entweder direkt an die nächstgelegene Tunnel-Unterzentrale (z. B. **UZ 65** gemäß VBA/TLS-Systematik) angeschlossen oder an ein lokales Steuergerät, das seinerseits mit der Unterzentrale kommuniziert. Dabei sind die TLS-Schnittstellenvorgaben einzuhalten, damit Status und Befehle korrekt zwischen Schranke und Verkehrsrechner ausgetauscht werden können. Das beinhaltet auch die **Adressierung** der Schranken im System, etwaige **IP-Adressen/Zuweisungen** und die Nutzung standardisierter Telegramme, falls vorhanden.

Die genaue Auswahl und Konfiguration der Schnittstellen erfolgt in Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem zuständigen Systemintegrator der Tunnelbetriebstechnik. Der AN stellt sicher, dass alle notwendigen Hard- und Software-Komponenten für die Kommunikation im Lieferumfang enthalten sind (z. B. Schnittstellenkarten, Protokollkonverter oder Netzwerk-Switches, falls benötigt).

b. Integration in steuerungstechnische Abläufe

Die Schranken sollen nahtlos in die bestehenden steuerungstechnischen Abläufe des Tunnels eingebunden werden. Konkret bedeutet dies:

- **Automatische Schließung bei Überhöhe:** Die bereits vorhandene Überhöhenkontrollanlage detektiert überhohe Fahrzeuge vor dem Tunnel. Diese Detektion ist mit der Schranke zu verknüpfen, sodass ein Überhöhenalarm unmittelbar den Schließbefehl an die entsprechende Schranke auslöst. Der AN implementiert die Logik in der Schrankensteuerung entsprechend. Die Schließung erfolgt selbsttätig und bleibt so lange bestehen, bis das Betriebspersonal sie zurücksetzt oder eine definierte Rücksetzlogik (z. B. Zeitschaltung oder Quittierung vor Ort) greift.
- **Manuelle Bedienung durch Leitstelle:** Von der zentralen Tunnel-Leitstelle aus muss jede Schranke manuell geöffnet und geschlossen werden können. Dazu werden die oben genannten Schnittstellen genutzt. Die Leitstelle erhält zudem Rückmeldungen über den jeweiligen Status (offen/geschlossen/Störung), sodass das Betriebspersonal stets über die Stellung der Schranken informiert ist.
- **Anbindung an automatische Tunnelfunktionen:** Im Tunnel existieren automatische Programme für Ereignisfälle (z. B. **Brandfallsteuerung** oder **Notfallmodus**). Die Schrankensteuerung ist so zu integrieren, dass sie Teil dieser Programme sein kann. Beispielsweise kann im Brandfallprogramm vorgesehen sein, dass beide Tunnelportale geschlossen werden. Der AN programmiert die Schranke derart, dass ein entsprechender globaler Befehl aus der Leitstelle beide Schranken schließt. Ebenso ist bei Bedarf eine Interlock-Schaltung möglich: Erst wenn die Schranke geschlossen ist, dürfen z. B. Lüfter oder andere Sicherheitssysteme bestimmte Aktionen durchführen (oder umgekehrt). Solche Abhängigkeiten sind gemäß Vorgabe des Betreibers umzusetzen.
- **Testläufe und Routinefahrten:** Die Schranken werden regelmäßig zu Testzwecken betätigt (Funktionsfahrten). Die Steuerung sollte daher einen **Testmodus** unterstützen, in dem die Schranke z. B. langsam bewegt werden kann oder die Überhöhenkontrolle simuliert ausgelöst wird, ohne gleich eine Alarmmeldung an die Verkehrsrechnerzentrale zu geben. Diese Details stimmen AN und Betreiber im Rahmen der Inbetriebnahme ab.

c. Kommunikationstechnik und IT-Sicherheit

Die Kommunikation zwischen Schrankenanlage und Leitsystem muss nicht nur funktional, sondern auch sicher im IT-Sinne sein. Folgende Anforderungen sind zu beachten:

- **Datensicherheit:** Bei digitaler Kommunikation (z. B. über IP-Netzwerk) sind aktuelle IT-Sicherheitsrichtlinien einzuhalten. Das umfasst die Absicherung der Netzwerkverbindungen (Firewall, VPN oder physisch getrennte Tunnel-Infrastruktur), Authentifizierung von Steuerbefehlen und ggf. Verschlüsselung der Datenübertragung, sofern sinnvoll und vom Betreiber gefordert.
- **Zuverlässigkeit:** Kommunikationswege sind – soweit möglich – redundant auszuführen. Wenn die Schranke z. B. über ein Netzwerk angeschlossen ist, sollte geprüft werden, ob eine zweite unabhängige Verbindung oder ein Fallback (wie die erwähnten Hardwarekontakte) zur Verfügung steht, falls das Hauptkommunikationsmittel ausfällt.
- **Zeitsynchronisation:** Falls die Schrankensteuerung Ereignislogs führt oder zeitabhängige Funktionen hat, ist sie in die Zeitreferenz des Tunnels einzubinden (z. B. Synchronisation via NTP oder DCF77-Zeitsignal der Leitzentrale), damit Zeitstempel einheitlich sind.
- **Protokollierung:** Alle wichtigen Ereignisse (Öffnen/Schließen, Störungen, Notbedienungen, Netzausfall etc.) sollen von der Schrankensteuerung mitprotokolliert werden. Diese Logs sind auslesbar und werden dem Betreiber zur Verfügung gestellt, entweder durch direkte Auslese am Gerät oder via Übertragung an die zentrale Leittechnik.
- **EMV und Störsicherheit:** Die Kommunikationsleitungen und -geräte müssen EMV-gerecht installiert sein (Abschirmung, Potentialtrennung wo nötig), um Störeinflüsse durch das Tunnelumfeld (Funk, Hochspannung, Motoren) zu vermeiden.

d. Lokale Bedienung vor Ort

Neben der Fernsteuerung aus der Leitstelle soll eine lokale Bedienmöglichkeit an der Schrankenanlage vorhanden sein, um Wartungen oder Notmaßnahmen durchführen zu können. Anforderungen hierfür:

- **Lokales Bedientableau:** Im Technikraum nahe der Schranke oder im Schaltschrank der Schranke ist ein kleines Bedientableau vorzusehen. Dieses bietet mindestens Taster/Schalter für "Öffnen", "Schließen" und "Not-Halt" (sofortiger Stopp). Diese Bedienelemente sind gegen unbefugte Nutzung zu sichern (z. B. hinter einer abschließbaren Klappe oder als Schlüsselschalter).
- **Anzeigeelemente:** Vor Ort sollen einfache Anzeigen den Status der Schranke zeigen (z. B. Kontrollleuchten für "Betrieb EIN", "Störung" und die Endlagen "Offen"/"Geschlossen"). So kann Wartungspersonal direkt erkennen, ob z. B. eine Störung vorliegt oder die Schranke betriebsbereit ist.
- **Prioritätensteuerung:** Es ist sicherzustellen, dass eine Bedienung vor Ort nicht zu Konflikten mit der Leitstellensteuerung führt. In der Regel hat die zentrale Leitstelle Priorität, d. h. lokale Befehle werden nur im Wartungs- oder Notmodus akzeptiert. Alternativ ist eine klare Umschaltung vorzusehen ("Wartungsmodus" am Gerät, der die Fernsteuerung temporär deaktiviert, solange vor Ort gearbeitet wird).
- **Not-Halt:** Der Not-Halt-Taster an der Schranke (falls vorhanden) muss bei Betätigung die Bewegungen der Schranke sofort stoppen und einen sicheren Zustand einleiten. Das Wiedereinschalten nach Not-Halt darf nur manuell erfolgen (Rückstellung).

e. Integrations- und Systemtests

Nachdem die Montage abgeschlossen und die Schnittstellen eingerichtet sind, führt der AN

umfangreiche Integrations- und Systemtests durch:

- **Einzeltest jeder Schranke:** Jede Schrankenanlage wird zunächst einzeln getestet. Alle Funktionen (Öffnen/Schließen, Endlagensensorik, Hinderniserkennung, Notbedienung, lokale Bedienung) sind separat zu prüfen. Dabei wird auch die mechanische Ausführung kontrolliert (z. B. fester Sitz aller Schrauben, korrekte Justage der Auflage, Leichtgängigkeit der Bewegungen).
- **Schnittstellentest:** Anschließend werden die Kommunikationswege zur Tunnel-Leittechnik getestet. Es wird überprüft, ob alle Statusmeldungen korrekt in der Leitstelle ankommen und ob die von der Leitstelle gesendeten Befehle einwandfrei von der Schranke ausgeführt werden. Eventuelle Protokoll-Unstimmigkeiten oder Fehlersignale sind gemeinsam mit den Systemverantwortlichen zu bereinigen.
- **Systemtest Überhöhenkontrolle:** Zusammen mit dem Betreiber wird ein Test der Überhöhenkontrolle durchgeführt. Dazu wird ein Überhöhenalarm simuliert (z. B. durch manuelles Auslösen der Sensorik oder mittels Prüfgerät). Es muss nachgewiesen werden, dass die Schranke in diesem Fall automatisch schließt und dass das entsprechende Warnsignal (Ampel auf Rot, Warntafel falls vorhanden) ausgelöst wird. Ebenso wird getestet, dass nach einem solchen Ereignis die Rückstellprozedur funktioniert (z. B. Quittierung und manuelles Öffnen der Schranke durch das Personal).
- **Gesamttest beider Schranken:** Schließlich erfolgt ein Test im Gesamtsystem, bei dem beide Schranken und ihre Interaktion geprüft werden. Beispielsweise wird simuliert, dass nacheinander beide Fahrrichtungen Überhöhenalarme haben, oder dass ein Brandfallprogramm ausgelöst wird, welches beide Schranken schließen soll. Dabei wird das Zusammenspiel der Schranken untereinander und mit der Leittechnik verifiziert.

Alle Tests sind in Anwesenheit des AG oder dessen Beauftragten durchzuführen und in Protokollen zu dokumentieren. Insbesondere ist für die Sicherheitsfunktionen (Hinderniserkennung, Kraftabschaltung) ein Prüfprotokoll zu erstellen. Hierfür hält der AN einen geeigneten Prüfkörper nach DIN EN 12445 bereit (z. B. einen zylindrischen Schaumstoffkörper), der in Testläufen als "Hindernis" dient, um die auftretenden Schließkräfte zu messen und mit den Grenzwerten abzugleichen. Die erfolgreiche Durchführung aller Tests ist Voraussetzung für die Abnahme der Anlage.

8. Dokumentation, CE-Kennzeichnung, Abnahme und Schulung

Um einen ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb der Schrankenanlagen zu gewährleisten, sind vom Auftragnehmer umfangreiche Dokumentations- und Nachweisunterlagen zu erstellen sowie Einweisungen des Betriebspersonals durchzuführen:

- **Technische Dokumentation:** Der AN liefert eine vollständige Anlagendokumentation in deutscher Sprache. Diese umfasst u. a.: Konstruktionszeichnungen/Maßskizzen der Schranken, Schaltpläne der elektrischen Anlage, Kabellisten, Stücklisten der Komponenten, Installationspläne (inkl. Verkabelungsübersichten), Bedienungsanleitung und Wartungsanleitung des Herstellers, Ersatzteillisten, sowie Prüfprotokolle und Abnahmeberichte. Sämtliche relevanten Dokumente sind auch in digitaler Form bereitzustellen.
- **CE-Konformität:** Für die neuen Schrankenanlagen ist die CE-Konformität nach Maschinenrichtlinie und einschlägigen EG-Richtlinien nachzuweisen. Vor Inbetriebnahme ist sicherzustellen, dass die komplette Schrankenanlage CE-konform ist. Jede gelieferte Schranke ist mit einer CE-Kennzeichnung (Typenschild/Plakette) zu versehen, die mindestens den Hersteller/Inverkehrbringer, das Baujahr und das CE-Zeichen ausweist. Die zugehörige **EU-Konformitätserklärung** ist dem Auftraggeber zu übergeben. Sollte es sich bei der gelieferten Schrankenanlage um eine Kombination von Baugruppen oder Teilsystemen verschiedener

Hersteller handeln (z. B. Schrankenbaum von Hersteller A, Antrieb von Hersteller B, zusammengesetzt durch den AN), so hat der AN die Gesamtkonformität der gesamten Anlage zu erklären. Gegebenenfalls ist ein unabhängiger Sachverständiger hinzuzuziehen, um die Sicherheit der Kombination zu bewerten. Ohne vorliegende CE-Konformitätsnachweise und CE-Kennzeichnung darf die Anlage nicht in Betrieb genommen werden.

- **Abnahme:** Die Abnahme der Schrankenanlagen erfolgt nach erfolgreicher Inbetriebnahme und Probebetrieb. Der AN meldet dem AG schriftlich die Betriebsbereitschaft und schlägt einen Termin für die gemeinsame Abnahme vor. Bei der Abnahme werden alle Prüfprotokolle vorgelegt, und es wird überprüft, ob sämtliche Anforderungen aus der Leistungsbeschreibung erfüllt sind. Eventuelle Mängel oder Restarbeiten werden protokolliert und müssen vom AN unverzüglich behoben werden. Erst wenn die Anlage vollumfänglich und mängelfrei funktioniert, gilt die Abnahme als erfolgt.
- **Schulung und Einweisung:** Wie bereits in Abschnitt 4 erwähnt, muss das Betriebspersonal rechtzeitig vor Inbetriebnahme in der Bedienung und Wartung der Schrankenanlagen geschult werden. Die Einweisung erfolgt vor Ort an den installierten Anlagen und umfasst alle relevanten Bedienvorgänge und Wartungsschritte. Schulungsinhalte sind u. a. die Bedienung der Schranken über die Leitstelle und vor Ort, die Durchführung der Notbedienung, die Rücksetzung nach Überhöhenalarm, sowie die regelmäßige Funktionsprüfung. Ziel der Schulung ist, dass das Personal die Anlage sicher und sachgerecht bedienen und einfache Wartungsmaßnahmen eigenständig durchführen kann. Spätestens bis zur Endabnahme sind die Einweisungen durchzuführen, damit das Betriebsteam die neuen Einrichtungen von Beginn an sicher nutzen kann. Der AN übergibt alle Schulungs- und Einweisungsunterlagen in Papierform und digital an den AG.

9. Zeitlicher Ablauf und Bauphasen

Für den Umbau der Schrankenanlagen ist ein genauer Bauablaufplan zu erstellen, um die Auswirkungen auf den Verkehr so gering wie möglich zu halten. Nachfolgend ist ein mögliches Phasenkonzept skizziert, das der AN im Detail ausarbeitet und mit dem AG abstimmt:

- **Phase 1: Vorbereitung (Planung und Fertigung):** In dieser Phase erfolgt die Detailplanung der Anlage und die Fertigung/Vorbereitung der Schranken. Der AN erstellt alle Ausführungspläne, beschafft die Schrankenbauteile und führt Vorprüfungen (FAT) im Werk durch. Parallel wird der genaue Einbauzeitraum mit dem Tunnelbetreiber abgestimmt und verkehrliche Maßnahmen (Sperrungen) werden geplant.
- **Phase 2: Demontage Alt-Anlage (erste Seite):** Während einer verkehrsarmen Zeit (z. B. nachts) wird zunächst an einem Tunnelportal die alte Schranke außer Betrieb genommen und abgebaut. Hierfür muss die entsprechende Fahrspur zeitweilig gesperrt werden. Nach der Demontage können vorbereitende Arbeiten erfolgen (Prüfung/Herstellung von Befestigungspunkten, Kabeltests etc.). Falls erforderlich, wird provisorisch abgesichert (z. B. wenn die Schranke nicht am selben Tag ersetzt werden kann, muss der betreffende Tunnelzugang gesperrt bleiben).
- **Phase 3: Montage neue Schranke (erste Seite):** Idealerweise folgt unmittelbar die Installation der neuen Schranke an dem gerade freigemachten Portal. Der neue Schrankenbaum und die Standsäule werden montiert, der elektrische Anschluss erfolgt an die vorhandenen Leitungen. Sollten Anpassungen an Fundament oder Verkabelung nötig sein, werden diese in dieser Phase umgesetzt. Nach mechanischer Installation bleibt die Schranke zunächst geöffnet und gegen Absenken gesichert, bis die Inbetriebnahmeprüfung durchgeführt wird.
- **Phase 4: Inbetriebnahme und Umschaltung (erste Seite):** Die neu installierte Schranke wird noch in derselben Sperrpause oder in einer unmittelbar darauffolgenden Sperrpause in Betrieb genommen und getestet (siehe Abschnitt 7.e zu Integrations- und Systemtests). Sobald die

Schranke 1 erfolgreich in Betrieb und an die Leitstelle angebunden ist, übernimmt sie die Absicherung der entsprechenden Fahrtrichtung.

- **Phase 5: Erneuerung zweite Schranke:** Nach erfolgreicher Inbetriebnahme der ersten Schranke wird analog Phase 2–4 die Schrankenanlage am anderen Tunnelportal demontiert und durch die neue Anlage ersetzt. Auch hier erfolgt die Demontage in einer Nachtsperre mit anschließender sofortiger Neuinstallation. Während dieser Arbeiten bleibt die erste Schranke in Betrieb, um den Tunnel in eine Richtung absichern zu können. Es ist darauf zu achten, dass zu jedem Zeitpunkt zumindest eine Schranke funktionsfähig ist, um im Notfall den Tunnel sperren zu können. Sollte während des Wechsels der zweiten Schranke aus unvorhergesehenen Gründen auch die erste Schranke ausfallen, müsste ggf. der Tunnel vollständig für den Verkehr gesperrt werden – dieses Risiko ist durch sorgfältige Planung und Redundanzen möglichst auszuschließen.
- **Phase 6: Gesamtinbetriebnahme und Abschluss:** Nachdem beide Schranken einzeln installiert, getestet und in Betrieb genommen wurden, erfolgt ein abschließender System-Gesamttest der Gesamtanlage. Dabei wird insbesondere das Zusammenspiel beider Schranken und der Leittechnik geprüft (vgl. Abschnitt 7). Sobald dieser erfolgreich absolviert ist, gilt die neue Schrankenanlage als komplett betriebsbereit. In der Schlussdokumentation werden alle relevanten Informationen über den Bauablauf, Prüfungen und Abnahmen zusammengefasst.

Der AN hat für jede Phase ausreichende personelle und materielle Ressourcen einzuplanen, um Verzögerungen zu vermeiden. Insbesondere darf keine unnötige Unterbrechung zwischen Demontage und Montage entstehen. Alle Arbeiten, die Verkehrsbeeinträchtigungen verursachen (z. B. Fahrstreifensperrungen), sind frühzeitig mit dem Betreiber und den zuständigen Behörden abzustimmen.

10. Fachliche Mindestanforderungen (Personal)

Die für die Ausführung des Auftrags vorgesehenen verantwortlichen Fachkräfte müssen über einen **Hochschulabschluss (Bachelor mindestens) oder gleichwertig** verfügen. **Gleichwertigkeit ist durch entsprechende Unterlagen nachzuweisen.** Dies stellt sicher, dass qualifiziertes Personal mit adäquater Ausbildung die Planung, Montage und Inbetriebnahme der sicherheitsrelevanten Schrankenanlagen durchführt. Eine gleichwertige Qualifikation kann z. B. durch langjährige einschlägige Berufserfahrung mit Zusatzqualifikationen oder einen Abschluss auf dem zweiten Bildungsweg erreicht werden, sofern diese als gleichwertig anerkannt sind. Der AN hat die Nachweise über die Qualifikation des Schlüsselpersonals mit den Angebotsunterlagen bzw. vor Auftragsbeginn vorzulegen.