



tV (technische Vorgabe)

armasuisse Immobilien - Befestigte Flugbe- triebsflächen

Dokument-ID:	70222
Version:	00
Freigabedatum:	19.08.2015
Dokumenttyp:	tV
Ausgabedatum:	20.08.2015
Dokumenteigner:	Jaun Markus

Hardcopies unterliegen nicht dem Änderungsdienst!

© Copyright by armasuisse, 3003 Bern

Inhaltsverzeichnis

0	Management Summary	4
1	Ziel, Zweck und Geltungsbereich	5
1.1	Ziel	5
1.2	Zweck	5
1.3	Geltungsbereich	5
2	Geschichte der Flugbetriebsflächen	6
2.1	Entwicklung der Belastung und der erforderlichen Pistenlänge	6
2.2	Wahl der Belagsart	7
2.3	Technischer Pistenaufbau von den Ursprüngen bis heute	8
2.4	Sanierungen der letzten Jahre	12
2.5	Sanierung von alten Asphaltbelägen	15
3	Management Prozesse	16
3.1	Übersicht Prozesse	16
3.2	Übersicht Prozesse und Produkte	16
3.3	Prozess Instandhaltung	18
3.4	Prozess Entwicklung	20
4	Anforderungen an die Flugbetriebsflächen	21
4.1	Betriebliche Anforderungen	21
4.2	Bauliche Anforderungen	22
4.3	Tragfähigkeit	30
4.4	Besondere Beanspruchungen	34
5	Zustandserhebung Ist-Zustand	36
5.1	Übersicht der eingesetzten Messmethoden	36
5.2	Oberflächenuntersuchungen	37
5.3	Tragfähigkeitsuntersuchungen	41
5.4	Griffigkeit	47
5.5	Längsebenheitsmessungen	49
6	Planung und Realisierung	53
6.1	Allgemeine Angaben Flugbetriebsflächen	53
6.2	Wartungsarbeiten	53
6.3	Neubau Pisten/Rollwege/Bereitstellungsplätze aus Belag	54
6.4	Sanierung Belagsflächen	57

6.5	Betonplatten	62
6.6	Entwässerung	70
6.7	Einbaufeuher/Randfeuer	70
6.8	Demarkierungen	74
6.9	Markierungen	77
7	Anhänge	80
Anhang A: Abmessungen und Lasten von typischen Helikoptern und Flugzeugen		81
Anhang B: Abkürzungen und Begriffe		95
Anhang C: Grundlagen und weiterführende Literatur		106
Anhang D: mögliche Leistungserbringer für Zustandsuntersuchungen und Sanierungen		107



Management Summary

Die technische Vorgabe Flugbetriebsflächen (tV FBF) ersetzt die Technische Weisung (TW) "Flugbetriebsflächen der Luftwaffe Unterhalt und Werterhaltung" vom 27. Dezember 2001.

Die tV FBF ist gleichzeitig ein Führungsinstrument für den Facility Manager und den operativen Mieter sowie ein Arbeitsinstrument für den Baumanager, den Betreiber und die beauftragten Planer. Sie gliedert sich in sechs Hauptkapitel und ein zusätzliches Kapitel Anhänge.

In Kapitel 1 werden Ziel, Zweck und Geltungsbereich der vorliegenden technischen Vorgabe Flugbetriebsflächen festgelegt.

Im Kapitel 2 wird auf die rund 100-jährige Geschichte der Flugbetriebsflächen auf den Militärflugplätzen eingegangen. Neben dem technischen Pistenaufbau werden die neuzeitlichen Anforderungen an die Pisten beschrieben.

Die Management-Prozesse werden in Kapitel 3 beschrieben, welche für den Betrieb eines zeitgemässen Flugbetriebsflächenmanagements notwendig sind.

Das Kapitel 4 beschreibt die Anforderungen an die Flugbetriebsflächen im Sinne eines SOLL-Zustandes. Unterschieden wird zwischen betrieblichen, baulichen und technischen Anforderungen.

Das Vorgehen zur Zustandserhebung als Dokumentation des IST-Zustandes ist Gegenstand des Kapitels 5. Im Fokus stehen die verschiedenen Messmethoden für die Oberflächen- und Tragfähigkeitsuntersuchungen sowie Angaben für die Kostenplanung.

Kapitel 6 liefert Informationen für die Planung und Realisierung von Neubau- oder Sanierungsprojekten auf den Flugbetriebsflächen. Diese sollen vorab beauftragten Planern zum einheitlichen Vorgehen auf den verschiedenen Plätzen als Vorgabe dienen.

Zur besseren Lesbarkeit und Übersichtlichkeit der tV-FBF sind alle notwendigen Ergänzungen im Kapitel 7 Anhänge zusammen gefasst.

1 Ziel, Zweck und Geltungsbereich

1.1 Ziel

Die Flugbetriebsflächen innerhalb der Militärfrastruktur sollen nach einheitlichen Standards überwacht und unterhalten werden. Im Vordergrund steht die Betriebssicherheit der Flugbetriebsflächen, für die armasuisse Immobilien als Eigentümervertreterin verantwortlich ist.

1.2 Zweck

Die tV FBF trägt bei zur effizienten und effektiven Bewirtschaftung der Flugbetriebsflächen als einfaches und anwenderfreundliches Instrument zum Flugbetriebsflächen-Management. Im Fokus steht der adäquate Mitteleinsatz bezüglich der Zustandserfassung und der Instandhaltung sowie allfälligem Neubau unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Flugbetriebsflächen je nach Art und Intensität der Nutzung.

Die tV FBF soll den Aufbau einer Übersicht aller Flugbetriebsflächen mit Instandhaltungsplanung und Budgetplanung ermöglichen mit dem Ziel:

- bauliche Unterhaltsvorhaben frühzeitig zu erkennen;
- die wirtschaftliche Realisierung zum optimalen Zeitpunkt zu gewährleisten;
- die finanziellen Auswirkungen rechtzeitig in den Finanzplan aufzunehmen.

1.3 Geltungsbereich

Die vorliegende technische Vorgabe richtet sich an den Facility Manager, den Baumanager, den operativen Mieter (i.d.R. die Luftwaffe), den Betreiber (i.d.R. die LBA) und an die beauftragten Planer.

- Die tV FBF ist verbindlich für sämtliche von Luftfahrzeugen benutzten oder mitbenutzten befestigten Flächen der Flugplätze (Hauptpisten, Redundanzpisten, Rollstrassen und Rollwege, Pistenverbindungen, Bereitstell- und Vorplätze), bei vorwiegend militärischer aber auch gemischten (Militär/Zivil) Nutzung.
- Betroffen sind Flugplätze im Immobilienportfolio von armasuisse Immobilien. Im Besonderen sind dies Payerne, Sion, Meiringen, Emmen, Alpnach, Dübendorf, Locarno, Buochs, Loderino, Kägiswil und St. Stephan.
- Bei Flugplätzen, bei welchen armasuisse Immobilien Teileigentümerin ist (z.B. Bern), gilt die Vorgabe nur auf den eigenen Flugbetriebsflächen.
- Die Vorgabe gilt für normale und besondere Lagen, jedoch nicht für ausserordentliche Lagen wie z.B. kriegerische Auseinandersetzungen.
- Die Systeme Kabelfanganlage (KAFA) und Fangnetze sind nicht Bestandteile der Technischen Vorgabe. Bei der Befahrung interessiert nur der bauliche Teil.

2 Geschichte der Flugbetriebsflächen

Die Flugbetriebsflächen der heutigen Militärflugplätze haben mittlerweile eine bis zu 100-jährige Geschichte hinter sich. In den ersten Jahren der zivilen und der militärischen Fliegerei starteten und landeten die Flugzeuge ausschliesslich auf Graspisten. Aufgrund der tiefen Leistungen der frühen Fluggeräte mussten Starts und Landungen immer zwingend gegen den Wind erfolgen. Dies führte zu möglichst runden Flugfeldern mit Start- und Landemöglichkeit in alle Richtungen.

Bis in die 40er-Jahre wurden nur häufig benutzte Hallenvorplätze bescheidenen Ausmasses befestigt.

Mit der Befestigung der Graspisten wurden eine höhere Unabhängigkeit vom Wetter und eine erhöhte Sicherheit angestrebt. Sie erfolgte im Zuge des Ausbaus der Réduit-Flugplätze und geht auf einen 1942 erlassenen Befehl von General Henri Guisan zurück.

Ein oder zwei Jahre später waren 22 Flugplätze mit (in der Regel) 600 m langen und 40 m breiten Hartbelagspisten ausgerüstet. Die Flugzeuge bewegten sich vorerst über Grasrollwege zur Piste und sie verliessen die Piste an beliebiger Stelle, um über das Gras an ihren Standplatz zurückzurollen.

Die Befestigung von Rollwegen folgte zögerlich. Die Rollstrassen führten oftmals nicht an einen Pistenkopf, sondern verbanden einen Hallenvorplatz auf kürzestem Wege mit der Piste. Die ersten befestigten Rollwege waren 8 ÷ 10 m breit. Parallel-Rollstrassen gab es anfänglich noch nicht. Insbesondere bei trockenen Verhältnissen wurden weiterhin auch die Grasrollwege benutzt.

2.1 Entwicklung der Belastung und der erforderlichen Pistenlänge

Die Anlagen wurden entsprechend den Regeln des damaligen Strassenbaus und mit einfachsten Mitteln mehrheitlich durch die Truppe erstellt. Sie waren auf die Bedürfnisse der damals im Einsatz stehenden Propellerflugzeuge (Morane D 3800, C-36, Messerschmitt Me-109) ausgelegt.

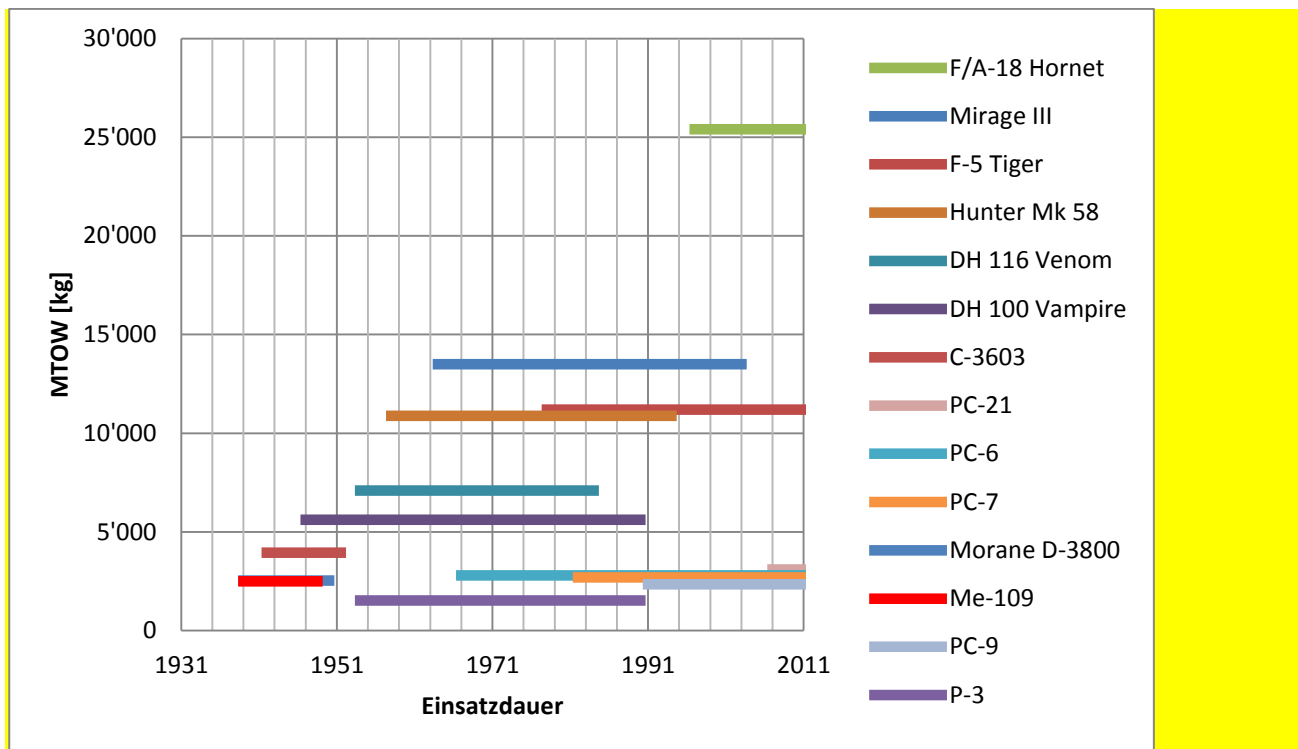


Abbildung 2.1: Entwicklung der Masse der eingesetzten Flugzeuge der Luftwaffe

Schritt haltend mit den Bedürfnissen der neu eingeführten, schnelleren und schwereren Kampflugzeugen (vgl. Abbildung 2.1) wurden auf 16 Flugplätzen die Flugpisten ab anfangs der 50er-Jahre und im Wesentlichen bis Mitte der 60er-Jahre sukzessive verlängert (ohne Verbreiterung) und das Rollwegsystem ausgebaut und angepasst:

- zuerst von 600 m auf 800 m oder 900 m Länge
- dann auf 1'500 m Länge,
- und schliesslich auf 2'000 m – 3'000 m Länge

Als einzige wurde die Piste des Flugplatzes Payerne 1974 um die letzten 400 m auf eine Länge von über 3'000 m verlängert (inklusive Auslaufzonen hinter den Fangnetzen).

2.2 Wahl der Belagsart

Von Beginn weg wurden die Flugbetriebsflächen sowohl mit Asphaltbelag wie auch mit Betonplatten befestigt. Die Gründe für die jeweilige Befestigungsart sind vielfältig:

Für Asphaltbelag sprachen vor allem die tieferen Kosten und der schnellere Baufortschritt.

Betonplatten wurden bei schlecht tragfähigem Baugrund und auf Flugzeugabstellplätzen eingebaut. Auf Asphaltbelag können die punktförmigen Lasten der Fahrwerke insbesondere bei neuem Belag und in der Sommerhitze Einsenkungen verursachen. Weiter erfuhr der Belag durch den Einsatz der ersten Strahlflugzeuge DH-100 Vampire und DH-116 mit ihren sehr tief liegenden Triebwerksauslässen eine sehr hohe Wärmeeinwirkung. Stehende Flugzeuge mit laufendem Triebwerk konnten so den Belag sehr schnell beschädigen. Aus diesem Grund wurden Bereitstellungsplätze, Pistenköpfe und einmündende Bereiche der Rollwege systematisch mit Betonbelag ausgerüstet.

Diese Situation entschärfte sich mit den später eingeführten Flugzeugtypen. Die alten, betonierten Pistenköpfe, blieben bei späteren Pistenverlängerungen meistens in Beton erhalten.

Das Problem wurde mit der Einführung der F/A-18 Hornet wieder aktuell: Das Hilfstriebwerk zum Starten der Haupttriebwerke (Auxiliary Power Unit APU), hat seinen Auslass unter dem Rumpf, und bläst unter 45° schräg nach unten/hinten auf die Belagsoberfläche. Die Bereitschaftsplätze für die F/A-18 wurden daher – wo noch nicht vorhanden - örtlich mit hitzeresistentem Betonbelag ergänzt.

Für die heute auf den Militärflugplätzen regelmässig operierenden Flugzeuge kann für Pisten und Rollwege überall Asphaltbelag eingesetzt werden. Voraussetzung dafür ist die Wahl der richtigen Belagsart und der Belagsbestandteile (z.B. Einsatz polymermodifizierte Bitumen). Je nach Nutzung kann es nach wie vor sinnvoll sein, Flugbetriebsflächen mit Beton zu befestigen (z.B. Flugzeugabstellflächen, Betankungsflächen etc.).

2.3 Technischer Pistenaufbau von den Ursprüngen bis heute

Der Pistenbau im 2. Weltkrieg übernahm die Regeln des damaligen Strassenbaus, der sich - mit knappem Steinbett und seitlichen Strassengräben - immer noch napoleonischer Prinzipien bediente. Weil seitliche Gräben nicht möglich waren, traten an deren Stelle Drainagerohre.

Während dem 2. Weltkrieg waren Baumaterialien wie Teer, Bitumen und Zement Mangelware. Entsprechend wurde gespart: Gemäss den Normalien der 40er-Jahre bestand der "schwarz belegte" Pistenkörper aus Materialschichten von einer vorgeschriebenen Stärke von total 22 cm, welche, wo nötig, mit einer dünnen "Ausgleichsschicht" unterlegt werden konnten (vgl. Abbildung 2).

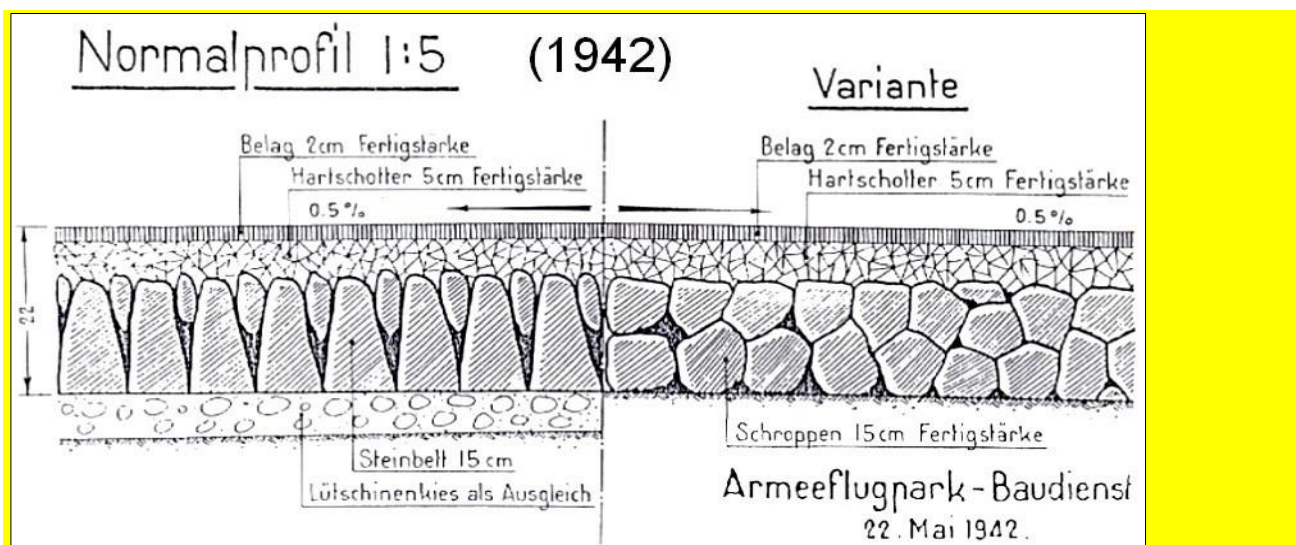


Abbildung 2.2: Aufbau einer Start- und Landepiste auf einem Militärflugplatz, Baujahr 1942

- Der Humus wurde etwas tiefer als 22 cm abgetragen. Darauf kam eine Schicht aus rundkiesigem Material zu liegen, die dem Höhenausgleich dienen sollte und als Trenn- und Filterschicht gegen das unerwünschte Aufstossen von Feinanteilen in den Fundationskörper angesehen werden kann. Ihre unregelmässige Schichtstärke ist nicht näher beziffert. Zeichnerisch ist sie mit 5 cm Stärke dargestellt.

- Auf diese Ausgleichs-Unterlage wurde von Hand, mit aufgestellten Flussteinen, ein einlagiges Steinbett von 15 cm Stärke erstellt (wo Flussteine fehlten, konnten in gleicher Stärke allenfalls auch Steinschroppen von 5 ÷ 10 cm Kantenlänge in mehreren Lagen eingebaut werden).
- Über dem Steinbett wurden 5 cm gebrochener Hartschotter von rund 2 cm Kantenlänge ausgelegt und eingewalzt.
- Gedeckt wurde der Tragkörper mit 2 cm (!) Schwarzbelag, was durch ein mehrmaliges bituminöses Tränken und Absplitten erreichbar war.

Wegen der Gefahr des seitlichen Ausbrechens der mit Heckrad ausgerüsteten und daher empfindlich auf Seitenwind reagierenden Flugzeuge, wurde früher auf ein minimalstes seitliches Dachgefälle von 0.5 % (!) Wert gelegt.

Der historische Pistenaufbau war deutlich wasserdurchlässiger als bei heutigen Systemen. Das Wasser gelangte in den Oberbau. Mit der oberflächen-parallelen Anordnung des Planums wurde, aus wirtschaftlichen und bautechnischen Überlegungen, dennoch bewusst auf eine Querentwässerung des Aushubplanums verzichtet. Im Steinbett fand das Wasser, wenn es nicht nach unten abfliessen konnte, offenbar genügend Hohlraumanteil für die Volumenzunahme durch Gefrieren. Frostschäden sind bei dieser Konstruktion bis heute selten.

Mit den heutigen, dichten Belägen genügt das kleine Quergefälle nicht für einen zuverlässigen und schnellen Abfluss des Regenwassers. Bei Sanierungen soll das Quergefälle kontinuierlich erhöht werden auf ca. 1.5%.

- Das über die Schultern abfliessende Regenwasser wurde in am Pistenrand verlaufenden Mulden versickert und in Zement-Sickerleitungen gesammelt. Das gesammelte Regenwasser wurde in Einlaufschächten gesammelt und versickert. Wo der Untergrund eine Versickerung nicht zulässt, erfolgte die Ableitung in einen Vorfluter.
- Diese Entwässerungssysteme sind heute noch auf vielen Militärflugplätzen anzutreffen. Sie sind aber aus gewässerschutztechnischen Gründen zu überprüfen und evtl. anzupassen (Versickerung durch Einlaufschächte ohne Humuspassage).

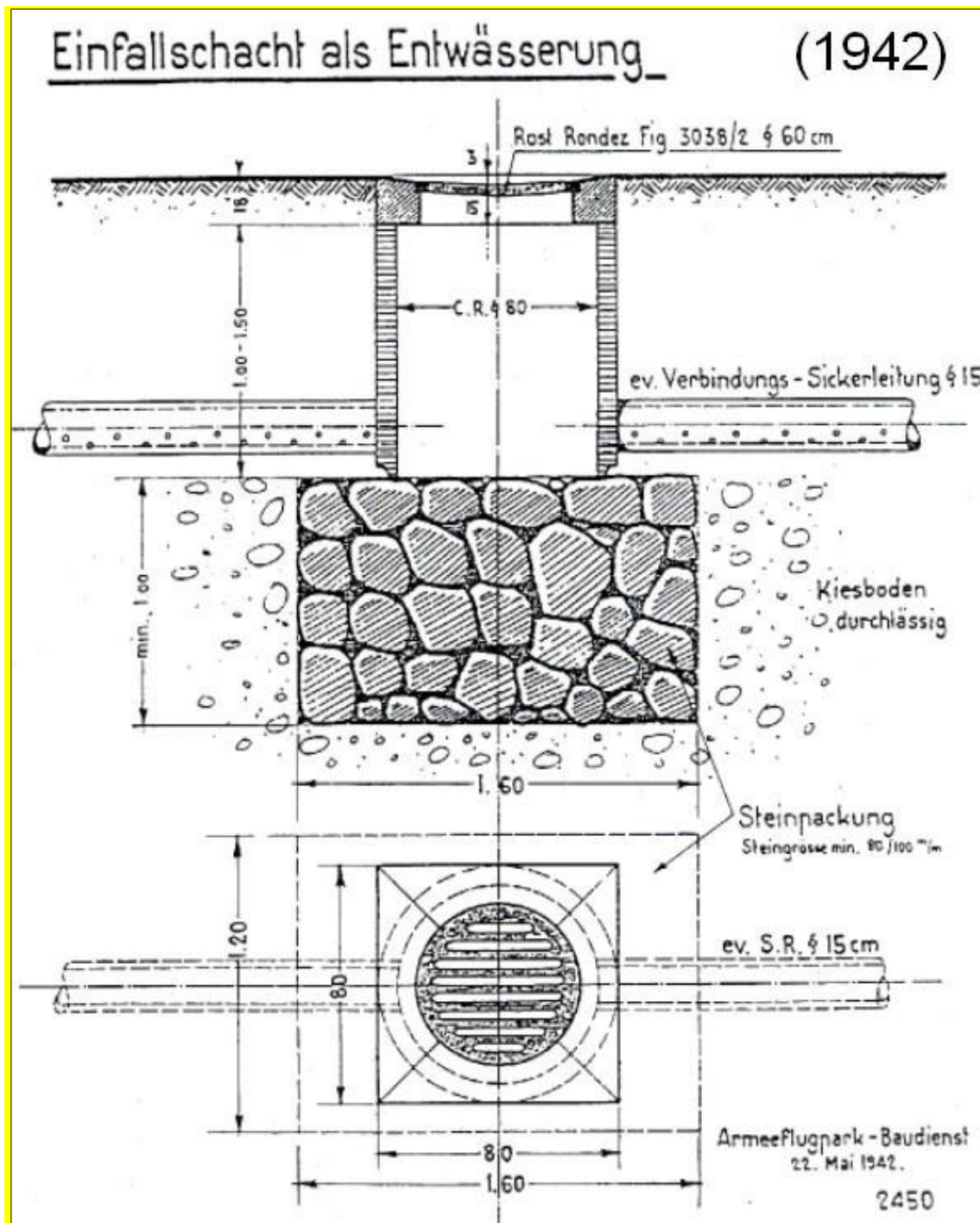


Abbildung 2.3: Aufbau eines 'Einfallschachtes als Entwässerung' am Pistenrand eines Militärflugplatzes, Baujahr 1942

In den 50er- und 60er-Jahren passten sich die Baumethoden den neuen Möglichkeiten des zunehmend maschinellen Strassenbaus an:

- Einbau einer Fundationsschicht aus Kiessand anstelle des Steinbetts. Achtung: Da die Dimensionierung mehrheitlich nicht "nach Frostsicherheit", sondern "nach Tragfähigkeit" erfolgte, reichen auch diese Fundationsschichten nur bis in geringe Tiefen.
- Die Stärke der bituminösen Schichten (Heissmischtragschicht + Verschleisschicht gemeinsam) wurde auf total 7 cm, später auf 9 cm erhöht.

- Die anfänglichen Betonplatten-Beläge wurden 16 cm stark erstellt (spätere Aufschlüsse haben jedoch vielerorts Stärken von nur 12 cm - 15 cm aufgedeckt). Spätere Betonplatten wurden 18 cm - 22 cm stark ausgeführt.
- Unabhängig ihrer Entstehungszeit wurden die Betonplatten auf den Flugbetriebsflächen immer armiert. Anfänglich noch mit Rundeisen und nur schwach (statisch; im Minimum konstruktiv) und oftmals auch verdübelt. Der Aufbau entspricht jedoch in keinem der Fälle den verschiedenen Platten-Generationen der SN-Normen. Ausnahme bilden die unbewehrten Betonbeläge auf Kompensierplätzen (wegen Magnetismus).

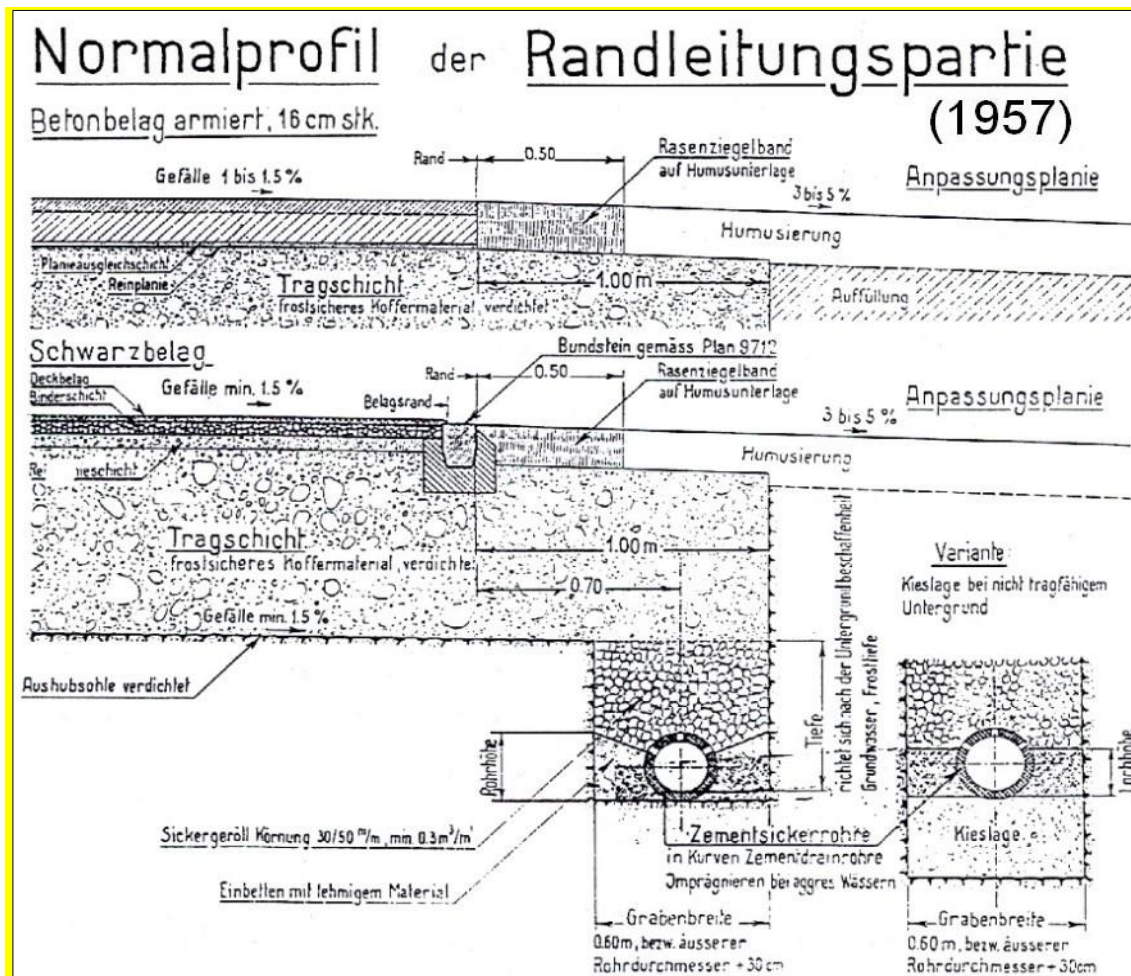


Abbildung 2.4: Normal der Randleitungspartie' am Pistenrand eines Militärflugplatzes, Baujahr 1957

- Um dem Problem des Aquaplanings besser Rechnung zu tragen, wurde der Regenwasserabfluss auf den Pisten durch Erhöhung des Dachgefälles auf 1.0% - max. 1.5% verbessert (Hebung des Mittelgrates um 10 - 15 cm, wo immer möglich durch Hocheinbau)¹.
- Am System des Regenwasser-Entsorgungskonzepts (Versickerung 'über die Schulter') wurde nichts verändert.

¹ Ein Quergefälle von <1.5% entspricht auch den Anforderungen der ICAO für die auf Militärflugplätzen üblichen Pistenlängen.

- Die benötigten Verstärkungen und Verbesserungen der Tragfähigkeit wurden jeweils ebenfalls möglichst durch Hocheinbau vollzogen. Der Rückbau der ursprünglichen Bausubstanz zur Neuerstellung tiefer greifender Foundationsschichten wurde nirgends systematisch, sondern ausschliesslich örtlich zur Behebung erkannter Schwachstellen durchgeführt.
- Durch das etappenweise Verlängern der Flugpisten ohne Verbreiterung der Piste ist auf allen Flugplätzen der Luftwaffe ein "Patchwork" von aneinandergefügt, heterogenen Oberbauten entstanden, die höchstens durch nachträgliche Belags-Hocheinbauten 'über die Etappengrenze hinaus' oberflächlich homogenisiert wurden.

An vielen Orten ist der Aufbau der heutigen Pisten, Rollwege und Abstellplätze der Luftwaffe nach wie vor vergleichbar mit demjenigen von untergeordneten Strassen heutiger Bauart. Belagsstärken von weniger als 10 cm sind keine Seltenheit. Die Tragfähigkeit ist deshalb begrenzt.

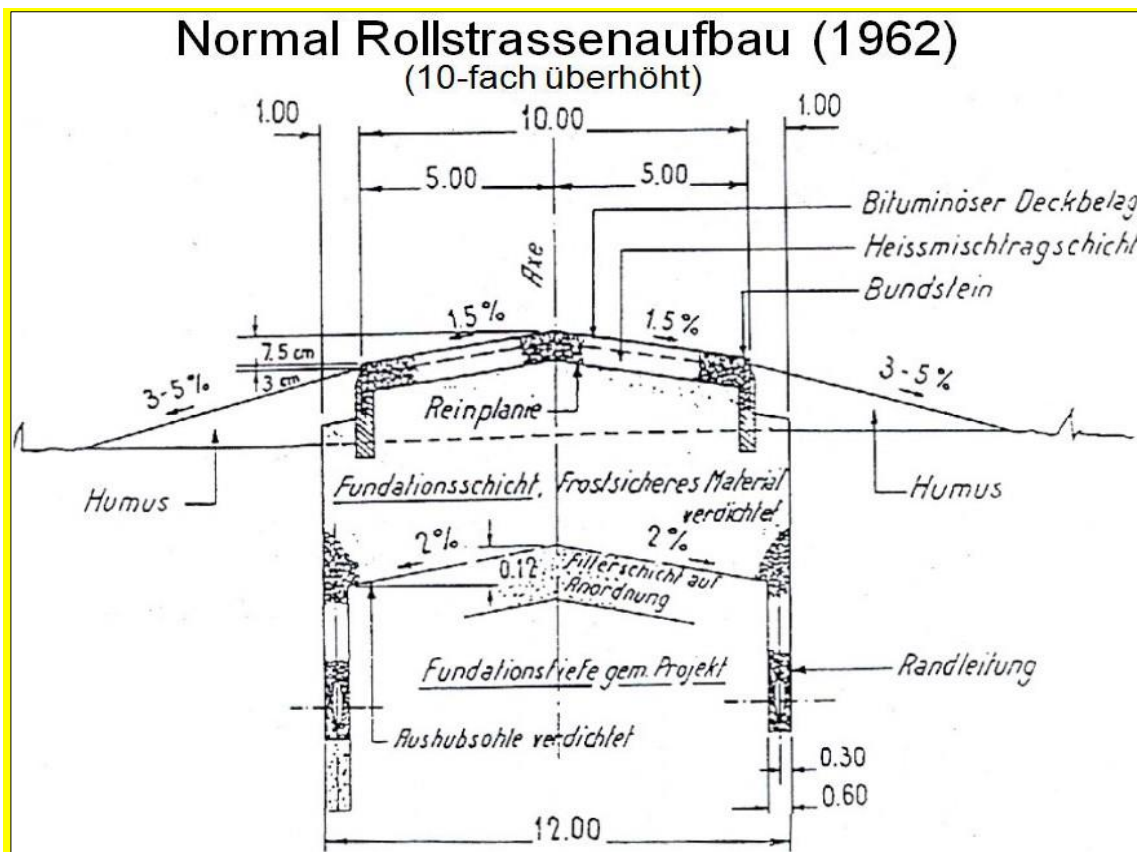


Abbildung 2.5: Normal eines Rollstrassenaufbaus auf einem Militärflugplatz, Baujahr 1962

2.4 Sanierungen der letzten Jahre

Bis Anfang der 1990er Jahre wurden vielfach nur sehr schwache Belagsaufbauten eingebaut. Erst im Hinblick auf die Einführung des gegenüber der Mirage III fast doppelt so schweren F/A-18, wurden die Belagsstärken auf >15cm erhöht.

Insbesondere auf Flugbetriebsflächen untergeordneter Bedeutung oder auf Flugplätzen ohne F/A-18-Betrieb können aber nach wie vor Flächen mit einem sehr schwachen Aufbau vorkommen.

- Bei Sanierungen sollen daher immer Sondagen des bestehenden Aufbaus durchgeführt werden.

Ziel der Sanierungen war, neben der Verbesserung der Oberfläche, also im Normalfall eine Erhöhung der Tragfähigkeit und eine Erhöhung des Quergefälles zur Verbesserung des Wasserabflusses.

Variante Hocheinbau

In den meisten Fällen erfolgten Oberflächensanierungen im Hocheinbau. Eine neue Belagsschicht wird über die bestehende gelegt und die Gesamtbelagstärke somit erhöht.

Zur Erhöhung des Quergefälles wurde entweder in den Randbereichen mit Belag aufgeschüttet oder in der Mittelzone wurde eine Erhöhung mittels Kiesschichteinbau erzielt (vgl. Abbildung 2.7).

Standardmässige Oberflächensanierung:

- Anfräsen des bestehenden Belags
- Aufschichten zur Verbesserung des Quergefälles
- Einbau neuer Deckbelag (Stärke ca. 4 cm)

Diese Sanierungsmethode wurde periodisch wiederholt. Auf dem Militärflugplatz Meiringen liegen stellenweise bis zu sieben Belagsschichten übereinander.

NORMALPROFIL 1:200/10

Sanierung Hauptpiste, HOCHINBAU
Fräsen und Schichten

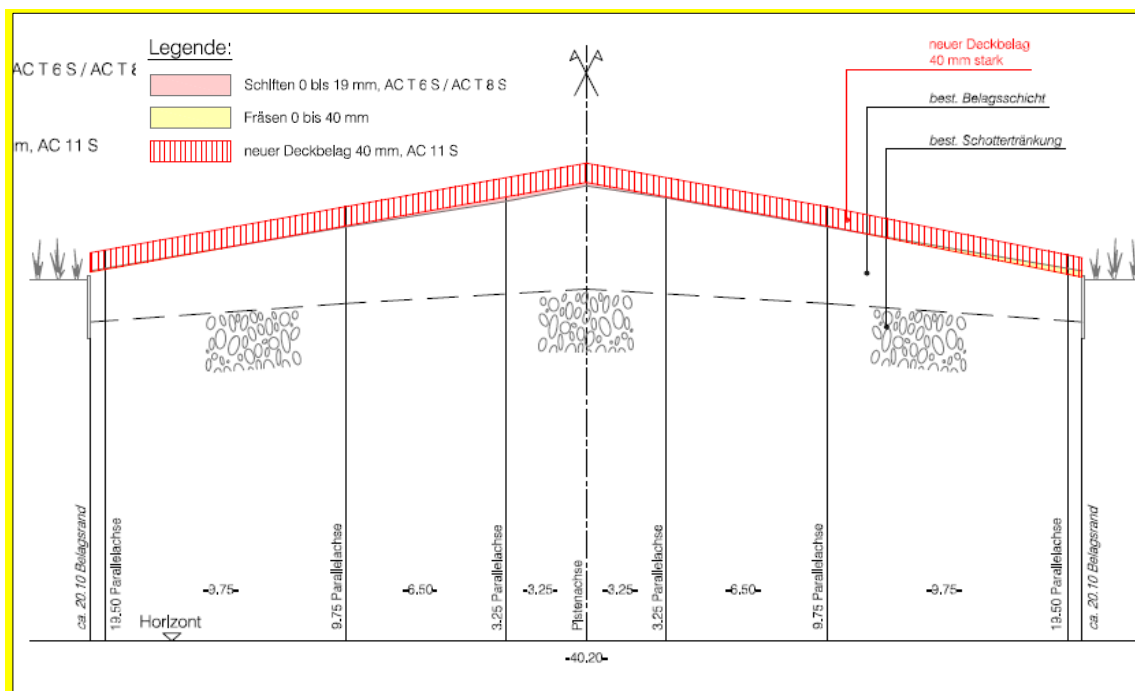


Abbildung 2.6: Normalprofil Pistensanierung Meiringen, Variante Hocheinbau

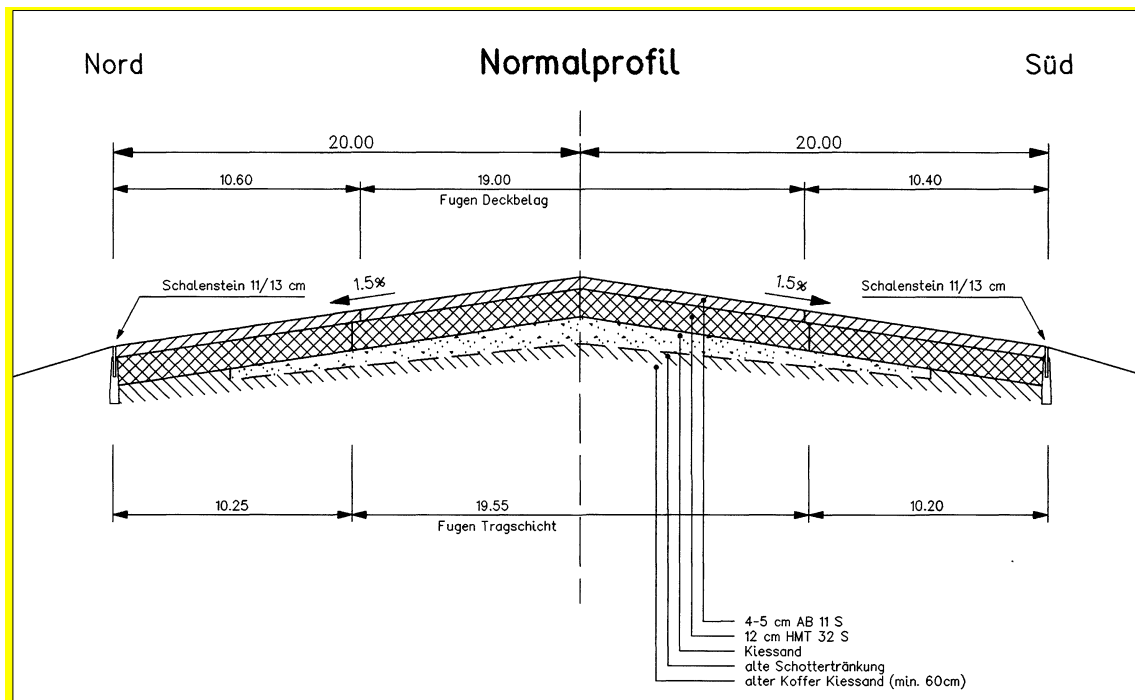


Abbildung 2.7: Normalprofil Pistensanierung Flugplatz Dübendorf 2002, Variante Hocheinbau

Variante Tiefeinbau

Die Variante Tiefeinbau mit einem kompletten Ausbau des bestehenden Belags und allenfalls Verstärkung der Fundationsschicht wurde nur dort angewendet, wo die Tragfähigkeitswerte wesentlich zu tief waren und erhöht werden sollten.

NORMALPROFIL 1:200/20

Sanierung Hauptpiste, TIEFEINBAU
Oberbau-Ersatz, Erneuerung des Belags und Teilersatz der
Fundationsschicht durch AC F

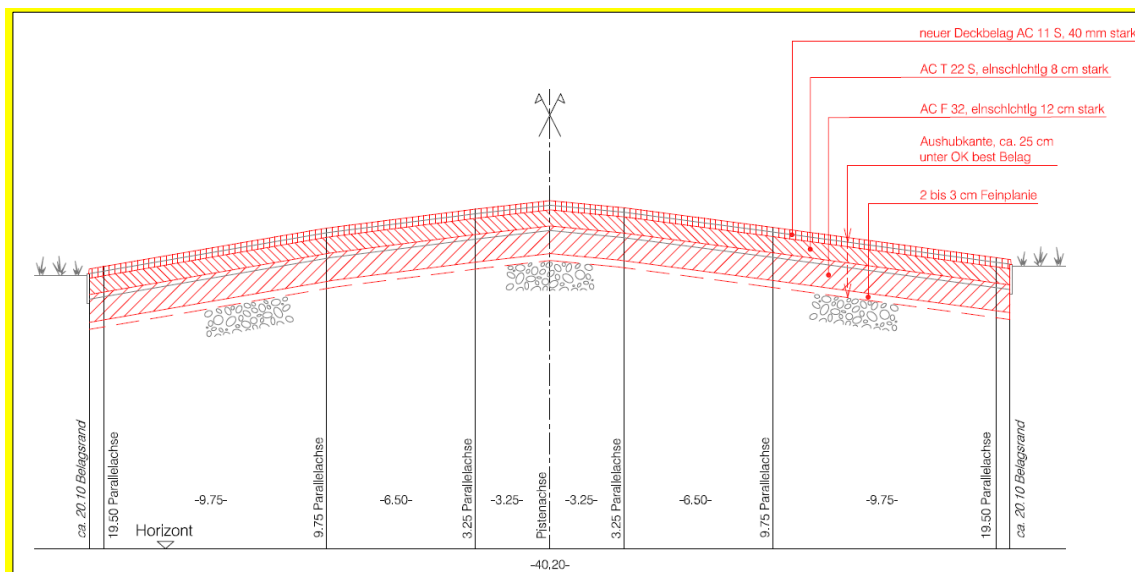


Abbildung 2.8: Normalprofil Pistensanierung Meiringen, Variante Tiefeinbau

2.5 Sanierung von alten Asphaltbelägen

In den 70er Jahren wurde für die Herstellung von Strassenbelägen hauptsächlich Steinkohleteeröl als Bindemittel verwendet. Diese Teere enthalten gesundheitsschädliche Stoffe wie Phenole und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). In neuen Belagsprodukten werden PAK-freie Produkte eingesetzt. Bei der Sanierung von alten Belagsflächen ist diesen Stoffen eine hohe Aufmerksamkeit zu schenken. Je nach Belastungshöhe darf der Belagsaufbruch nicht oder nur eingeschränkt wiederverwendet werden. Die Kostenfolgen können erheblich sein.

Die folgenden Kategorien können für die Beurteilung der Wiederverwendbarkeit unterschieden werden:

PAK-Gehalt im Bindemittel	Anwendungsmöglichkeiten
< 5'000 mg/kg	Soweit als möglich, ist Ausbauasphalt mit tiefen PAK-Gehalten (unter 5000 mg/kg PAK im Bindemittel) der Verwertung zuzuführen. Solches Material kann auch als Asphaltgranulat verwendet werden.
5'000 – 20'000 mg/kg	Aufbereitung in bewilligter Anlage zu Asphaltgranulat: Entsprechender Ausbauasphalt ist gemäss der BAFU-Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle von 2006 zu behandeln, was bedeutet, dass dieses Material nur in dafür geeigneten Belagsaufbereitungsanlagen oder im so genannten «Kaltrecycling» unter Einhaltung definierter Randbedingungen verarbeitet werden darf
> 20'000 mg/kg	Dieser Ausbauasphalt kann ausschliesslich im Rahmen der Kaltaufbereitung für den Einsatz in gebundenen Kaltmischfundationsschichten (KMF) verwertet werden. Solches Material sollte grundsätzlich auf einer Reaktordeponie abgelagert werden. Der PAK-Gehalt des Sickerwassers ist zu prüfen. Ist eine Ablagerung auf Reaktordeponien nicht möglich, so ist das Material nach den Vorgaben der zuständigen Behörde in geeigneten Anlagen zu behandeln oder abzulagern.

Tabelle 2.1: Beurteilung Wiederverwendbarkeit

Details zur möglichen Wiederverwendung oder Deponie von belastetem Ausbauasphalt können der BAFU-Richtlinie "Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle" entnommen werden.¹ Der PAK-Gehalt bestehender Belagsflächen sollte anhand von Sondagen vorgängig bestimmt werden. Mögliche Wiederverwendungsmöglichkeiten sollen aus Kostengründen unbedingt geprüft werden.

Je nach Belastung betragen die Deponiekosten pro Tonne Ausbauasphalt zwischen 20.- Fr./t bis über 120.- Fr./t!

Erfahrungen von bestehenden Objekten zeigen, dass bei Belägen aus den 60er Jahren ein PAK-Gehalt von 5'000 – 20'000 mg/kg erwartet werden muss.

Für die mechanische Bearbeitung (z.B. Fräsen) gibt es keine Grenzwerte des PAK-Gehalts. Bei grossflächigen, lange andauernden Arbeiten können allenfalls Massnahmen für den Schutz der Arbeiter angezeigt sein. Dies sollte im konkreten Fall mit der SUVA geklärt werden.

¹ Bundesamt für Umwelt BAFU: Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle, 2006

3 Management Prozesse

3.1 Übersicht Prozesse

Das Management Flugbetriebsflächen besteht aus den Prozessen Instandhaltung und Entwicklung. Die nachfolgende Grafik verschafft einen groben Überblick.

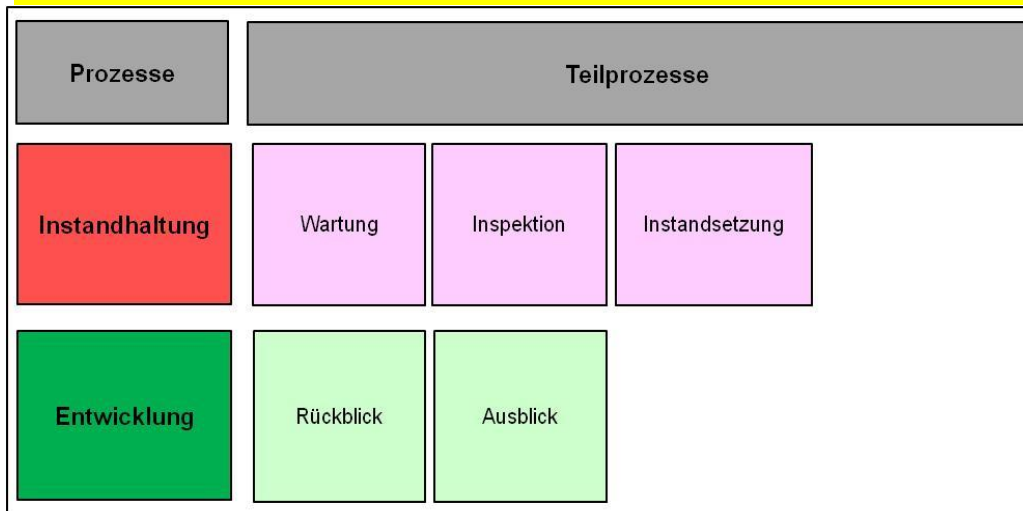


Abbildung 3.1: Prozessübersicht

Der Prozess Instandhaltung umfasst die Teilprozesse Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Die Definition richtet sich nach der DIN Norm 31051 und nicht nach SIA.

Der Prozess Entwicklung umfasst die Teilprozesse Rückblick und Ausblick. Der Rückblick beleuchtet den jeweiligen Flugplatz in Richtung Vergangenheit und der Ausblick Richtung Zukunft.

3.2 Übersicht Prozesse und Produkte

Bei den Prozessen entstehen die folgenden Produkte.

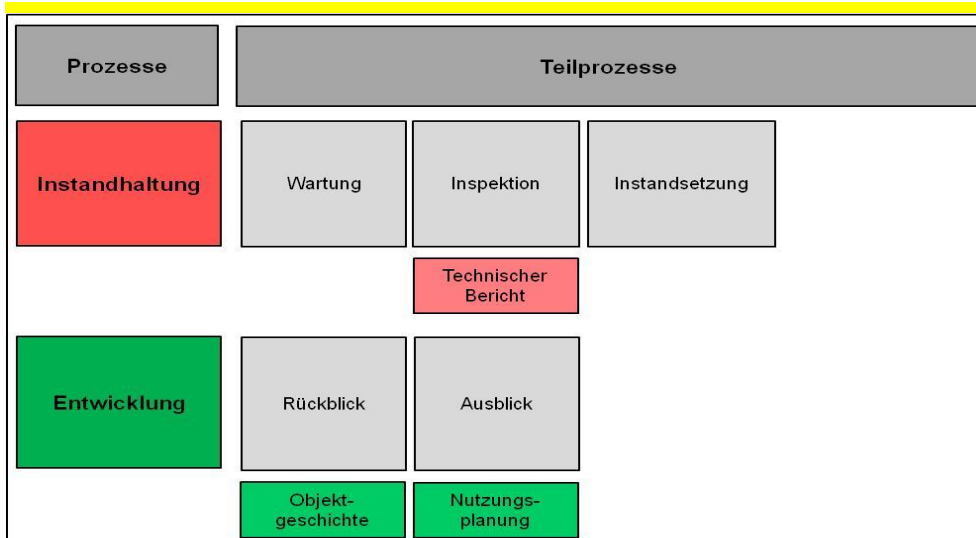


Abbildung 3.2: Übersicht Produkte

Der Teilprozess Inspektion wird mit dem Technischen Bericht dokumentiert. In einem ersten Teil werden der bauliche IST-Zustand und die aktuelle Nutzung und Belegung festgehalten. Die ausgewerteten Resultate werden mit den Anforderungen an die Flugbetriebsflächen im Sinne eines SOLL-Zustandes verglichen. Daraus ergibt sich der Bedarf mit den kurz-, mittel- und langfristigen Massnahmen.

Während den letzten Jahren wurde auf allen Flugplätzen ein standardisierter Technischer Bericht erstellt, welcher flächendeckend vorliegt und dem Facilitymanager, dem Operativen Mieter und dem Betreiber abgegeben wurde. Dabei sind die speziellen Bedürfnisse vor Ort und die Anforderungen an die Nutzung berücksichtigt worden. Auf Plätzen wie z.B. Kägiswil, Buochs und St. Stephan wurden nur reduzierte Zustandsuntersuchungen durchgeführt.

Der Technische Bericht wird alle 10 Jahre aktualisiert und nachgeführt. Dabei werden auf den ausgeschiedenen Flugbetriebsflächen die definierten Untersuchungen durchgeführt. Die Durchführungsverantwortung liegt beim BeIMB FBF. Der Mitteleinsatz soll adäquat sein und die Art und Intensität der Nutzung auf den verschiedenen Plätzen berücksichtigt werden.

Der Teilprozess Rückblick wird mit dem Bericht Objektgeschichte dokumentiert. Darin werden die Meilensteine der Geschichte des Platzes aufgezeigt, die Entwicklung, resp. der Ausbau des Flugfeldes dokumentiert und die umgesetzten Massnahmen der letzten Jahre festgehalten.

Der Teilprozess Ausblick wird mit dem Bericht Nutzungsplanung festgehalten. Schwerpunktthemen sind die Nutzungsperspektiven und bekannte Nutzungsänderungen mit den Auswirkungen auf die Anforderung und Beanspruchung der Flugbetriebsflächen.

3.3 Prozess Instandhaltung

3.3.1 Überblick

Die nachfolgende Darstellung beschreibt die Teilprozesse der Instandhaltung, die Verantwortung und die zeitlichen Intervalle für die Wiederholung.

I N S T A N D H A L T U N G	Teilprozesse	Beschreibung	Verantwortung	Intervall
	Wartung	Massnahmen zur Verzögerung des Abbaus	Betreiber	In regelmässigen Abständen und bei Bedarf
		Gewährleistung lange Lebensdauer	Betreiber	
		Reinigung und Schneeräumung	Betreiber	
	Inspektion	Vereinfachte Kontrollen	Betreiber	Täglich
		Systematische Zustandsuntersuchung	BeIMB FBF	2 Mal p.a.
		Vertiefte Zustandsuntersuchung	BeIMB FBF	Alle 10 Jahre
	Instandsetzung	Massnahmenplanung	FM, BM	Bei Bedarf
		Sanierungsmassnahmen (kurz-, mittel- und langfristig)	BM	Bei Bedarf
		Qualitätskontrollen bei umgesetzten Massnahmen	BM	Bei Bedarf

Abbildung 3.3: Teilprozesse der Instandhaltung

Legende: FM=Facility Manager / OM=Operativer Mieter, z.B. i.d.R. LW / Betreiber=LBA, LW oder RUAG / BeIMB FBF=Beauftragter Immobilienbewirtschafter Flugbetriebsflächen

Der Prozess Instandhaltung besteht aus den Teilprozessen Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Die Definition der verschiedenen Teilprozesse basiert auf der Deutschen Industrienorm DIN 31051.

Unter der Wartung sind Massnahmen zu verstehen, welche zur Verzögerung der vorhandenen Abnutzung beisteuern und eine lange Lebensdauer garantieren. Aufgeschobene oder nicht durchgeführte Wartung darf nicht zu Instandsetzungsprojekten führen.

Die Inspektion dient zur Feststellung und Beurteilung des IST Zustandes einer Betrachtungseinheit einschliesslich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung. Zudem werden Sanierungsmassnahmen (kurz-, mittel- und langfristig) festgelegt, welche für eine zukünftige Nutzung notwendig sind. Bei der Inspektion sind in der Regel mehrere Akteure involviert. (Betreiber, Operativer Mieter und BeIMB FBF).

Die Instandsetzung enthält die Massnahmenplanung, die Priorisierung der Massnahmen und deren Umsetzung. Umgesetzte Massnahmen müssen zwingend auf ihre Wirksamkeit geprüft werden. Das bedeutet, die mit den Massnahmen behobenen Defizite sind mit geeigneter Qualitätssicherung zu überprüfen.

3.3.2 Teilprozess Inspektion

Die nachfolgende Darstellung beschreibt die Details der Inspektion und die zeitlichen Intervalle für die Wiederholung.

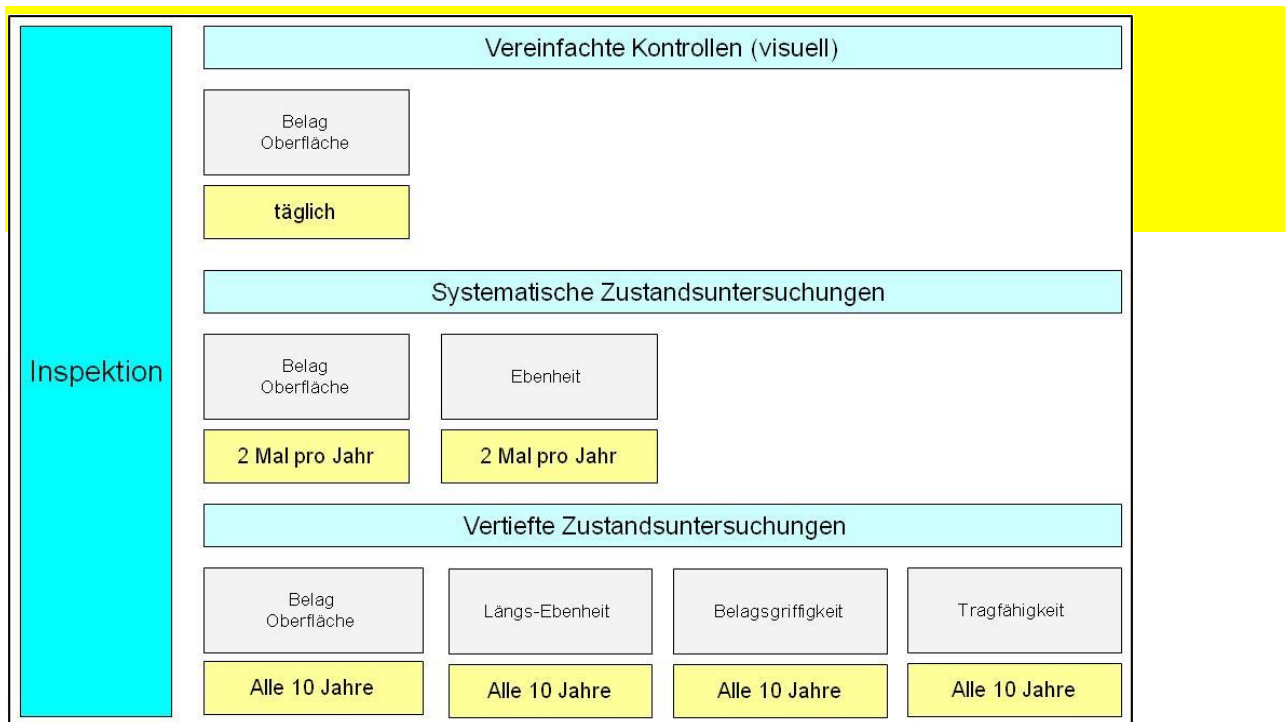


Abbildung 3.4: Teilprozess Inspektion

Die vereinfachten Kontrollen werden täglich vor jedem Flugeinsatz durch die Flugleitung ausgelöst. Die Kontrollen beschränken sich auf die Oberfläche und die Beläge der Flugbetriebsflächen. Zudem wird kontrolliert, ob keine Hindernisse oder Fremdkörper auf den Pisten vorhanden sind.

Die systematischen Zustandsuntersuchungen werden unter der Verantwortung des BeIMB FBF zwei Mal pro Jahr (Frühling und Herbst) durchgeführt. Auf den Plätzen wird der BeIMB FBF durch die Platzverantwortlichen Bau (LBA oder LW) begleitet. Bei den Kontrollen handelt es sich um visuelle Kontrollen über sämtliche Flugbetriebsflächen, welche mit einfachen Hilfsmitteln (z.B. 4 Meter-Messlatte) durchgeführt werden. Die Resultate werden in einem kurzen Bericht festgehalten. Der Aufbau und die Struktur der Berichte werden standardisiert und sind auf allen Plätzen identisch.

Die vertieften Zustandsuntersuchungen erfolgen im Rahmen der Nachführung, resp. Aktualisierung des Technischen Berichtes alle zehn Jahre. Untersucht werden die Oberfläche, die Tragfähigkeit, die Griffigkeit und die Längsebenheit. Die Untersuchungen erfolgen durch externe Spezialisten. Der Umfang der Untersuchungen richtet sich nach den Vorgaben im Technischen Bericht und der Intensität der Nutzung des Platzes. Die Durchführung erfolgt durch den BeIMB FBF, welcher auch die externen Spezialisten koordiniert.

3.4 Prozess Entwicklung

Die nachfolgende Darstellung beschreibt die Teilprozesse der Entwicklung, die Verantwortung und die zeitlichen Intervalle für die Wiederholung.

E N T W I C K L U N G	Teilprozesse	Beschreibung	Verantwortung	Intervall
	Rückblick	Erhebung der Meilensteine der Geschichte des Platzes	FM OM BeIMB FBF	Nachführung alle 10 Jahre
		Entwicklung des Flugfeldes – wichtigste Etappen		
		Visualisierung der umgesetzten Massnahmen		
		Dokumentation der Wirksamkeit der Massnahmen		
	Ausblick	Nutzungsperspektiven	FM OM BeIMB FBF	Nachführung alle 10 Jahre
		Auswirkung auf die Belastungen		
		Investitionen mit Auswirkung auf die Flugbetriebsflächen		
		Rahmenbedingungen / Grenzwerte		

Abbildung 3.5: Teilprozess Entwicklung

Legende: FM=Facility Manager / OM=Operativer Mieter, i.d.R. LW / BeIMB FBF= Beauftragter Immobilienbewirtschafter Flugbetriebsflächen

Der Prozess Entwicklung besteht aus den Teilprozessen Rückblick und Ausblick. Die Resultate und Erkenntnisse des Teilprozesses Rückblick werden im Bericht "Objektgeschichte" festgehalten. Die Resultate und Erkenntnisse des Teilprozesses Ausblick sind im Bericht "Nutzungsplanung" dokumentiert.

Die beiden Berichte werden ebenfalls alle zehn Jahre neu beurteilt und bei Bedarf aktualisiert, ergänzt und nachgeführt. Die Erstellung erfolgt durch den BeIMB FBF.

4 Anforderungen an die Flugbetriebsflächen

4.1 Betriebliche Anforderungen

Die Luftwaffe nutzt und betreibt ihre Flugplätze, entsprechend ihrer Funktion und Bedeutung, eingeteilt in drei Kategorien der Beanspruchung, Jet-, Propeller- und Helikopter -Betrieb, gemäss ihrem geltenden Standortkonzept. Damit sind auch die Pistensysteme in verschiedene Belastungsstufen eingeteilt. Diese Einteilung ist deshalb relevant, weil die Beanspruchung der Flugbetriebsflächen pro Kategorie eine andere ist und weil die Bau-, Instandsetzungs- und Reparatur- Prioritäten danach auszurichten sind.

Bei der vorliegenden tV geht es nicht nur um den Bau und die Instandsetzung von Flugbetriebsflächen der höchsten Kategorie, den sogenannten K-Flugplätzen und Trainingsflugplätzen, welche den Betrieb mit Kampfflugzeugen aufweisen, sondern generell auch um die übrigen Flugbetriebsflächen der Luftwaffe in der Schweiz.

4.1.1 Flugsicherheit

Die betrieblichen Anforderungen dieser Kategorie Flugplätze erfordern nicht nur eine hohe Verfügbarkeit der Verkehrsflächen ohne längere Unterbrechungen, sondern auch eine hohe Betriebssicherheit, d.h. hohe Flugsicherheit und Sicherheit gegen Unfälle.

Auf Flugbetriebsflächen darf kein loses Material herumliegen. Die Gefahr besteht nicht nur dort, wo Strassen- und Landwirtschaftsfahrzeuge Pisten queren und Fremdmaterial abgetragen werden könnte, sondern es besteht auch die Möglichkeit, dass lose Belagsstücke und Gesteinskörner sich aus einem "alterungsbedingten" Prozess des Belages auf der Flugbetriebsfläche befinden könnten. Wenn solche herumliegende lose Gesteinskörner, durch den Triebwerksstrahl eines Flugzeuges aufgewirbelt und in den Sog eines anderen Flugzeug-Triebwerkes gelangen, kann dies zu einem Triebwerkschaden führen. Neben teuren vorzeitigen Triebwerkwechseln kann dies im Extremfall zu gefährlichen Startabbrüchen oder Notlandungen bis hin zu Abstürzen führen.

4.1.2 Nutzung und Belegung

Flugbetriebsflächen sind bezüglich ihrer Nutzung exakt definiert.

Die Nutzung und Belegung eines Flugplatzes bildet die Grundlage zur Bestimmung der Verkehrsbelastung auf den jeweiligen Abschnitten von Flugbetriebsflächen. Im Facility Management "Technische Vorgabe befestigte Flugbetriebsflächen" der armasuisse Immobilien sind die entsprechenden Ganglinien der Flugbewegungen von verschiedenen Flugplätzen dargestellt.

An Hand dieser Statistik, welche drei Kategorien von Luftfahrzeugen unterscheidet, Jet-, Propeller- und Helikopter-Betrieb, resultieren über mehrere fiktive Zählstellen mit entsprechender Gewichtung der Flugzeugtypen verschiedene Belastungsklassen, oder Belastungsgrade von der Grösse 1 (schwach) bis 6 (sehr stark). Da dieser Belastungsgrad eine Funktion des Gewichtes der Luftfahrzeugkategorie ist, handelt es sich nicht um einen absoluten Belastungsgrad der Flugbetriebsflächen, sondern bezieht sich jeweils nur auf den betrachteten Flugplatz.

Die graphische Darstellung zeigt jedoch deutlich auf, welche Flächen auf dem jeweiligen Flugplatz am meisten beansprucht werden und zur Dimensionierung weiter verwendet, bzw. detaillierter untersucht werden müssen.

4.2 Bauliche Anforderungen

Die Abwicklung eines sicheren Flugbetriebes kann nur dann gewährleistet werden, wenn an die Belagsoberfläche der Flugbetriebsfläche besonders hohe Anforderungen gestellt werden. Der Zustand muss laufend überwacht werden. Dies erfolgt einerseits durch die täglichen visuellen Kontrollen durch die Flugbetriebs-Organen der Luftwaffe, andererseits aber auch durch spezielle Erhebungen wie:

- Deflektionsmessungen (periodisch)
- Griffigkeitsmessungen (bei Zweifel über genügend Griffigkeit)
- Visuelle Oberflächen-Zustandsaufnahmen (ca. alle 2 Jahre)

4.2.1 Zustand / Dauerhaftigkeit / Abriebfestigkeit

Damit sich die Flugbetriebsflächen längerfristig in einem dauerhaften und abriebfesten Zustand befinden, müssen aufkommende Oberflächenschäden schon frühzeitig bei Begehungen erkannt und anschliessend behoben werden. Nachfolgend sind die am häufigsten angebotenen Zustände und deren Ursachen beschrieben, welche einem Nicht-Soll-Zustand bei Flugbetriebsflächen entsprechen.

Für die Befestigungsarten Asphalt und Beton werden zwei Zustandsmerkmale unterschieden in:

- Zustand der Oberfläche und
- Zustand der Substanz

Die Oberflächenschäden sind eher erkennbar als Schäden in der übrigen Substanz, welche in der Regel aufwendige Untersuchungen, wie Bohrungen und Baustoffuntersuchungen erfordern.

A) Zustandsmerkmale - Asphalt

Oberflächenschäden im Asphaltoberbau

Zustandsmerkmale	Ursachen
Ausbrüche "Schlaglöcher": Erhebungen:	Partieller Materialverlust in der Deckschicht oder auch über mehrere Asphaltschichten. Ausgebrochene Teilflächen im Asphalt aufgrund von Alterungsprozessen oder Verkehrsbeanspruchungen. Vereinzelt auftretende Erhöhungen in der Oberfläche. Die Ursache von Erhöhungen in kleinen Flächen ist meist das im Asphalt eingeschlossene Wasser, welches im Sommer durch Dampfdruck und im Winter durch Frosthebungen entstehen kann.
Bindemittelanreicherungen:	Bei Bindemittelanreicherungen an der Oberfläche sind die Ursachen z.B. eine ungünstige Rezeptur des Mischgutes, unsachgemässe Verdichtungsvorgänge und/oder eine Nachverdichtung.
Flickstellen:	Flächen, welche bei Reparaturarbeiten der Schadstellen entstanden sind. Eine Anhäufung von Flickstellen kann ein Hinweis auf eine sich abzeichnende Schadensfortentwicklung in der Gesamtkonstruktion oder Teile davon sein.

Gummiabrieb:	Reifenabrieb auf der S/L-Bahn in den Aufsetzzonen landender Flugzeuge. Das vulkanisierte Reifenmaterial auf der Piste führt zu einem Griffigkeitsverlust.
Öl-, Hydraulikflecken:	Schädigung des Asphalts aufgrund der Einwirkung von Öl-, Hydraulik- oder Benzinstoffen.
Oberflächenschäden durch Enteisungsmittel:	Schädigung des Asphaltes aufgrund der Einwirkung von flächen- und Flugzeugenteisungsmitteln, die zu einer verminderten Griffigkeit der Oberfläche führen können.
Polierte Gesteinskörnungen:	Glatte Oberfläche der Gesteinskörnungen, welche meist durch hohe Verkehrsbeanspruchung, durch Reinigungsverfahren oder durch Schleifverfahren beim Beseitigen von Unebenheiten verursacht werden.
Verdrückungen und Setzungen:	Einzelne Oberflächenvertiefungen, in welchen Wasserlachen nach Regenfällen entstehen, welche im Winter zu Eisflächen werden. Meist durch ungeeignete Mischgutzusammensetzung, Setzungen im Unterbau, Nachverdichtung oder Mängel während der Bauausführung verursacht. Punktuell mechanische Überbelastung der Asphaltkonstruktion.
Substanzverlust in der Asphalt-Deckschicht:	Mörtelverlust und/oder Verlust von Gesteinskörnungen. In den meisten Fällen durch Alterung oder mangelhaftes Haftvermögen zwischen Gesteinskörnungen und Bitumen verursacht.
Verbrannte Asphaltoberfläche:	Oberfläche mit verbranntem oder verkohltem Bitumen. Verbrennungen durch den Blast von Strahltriebwerken, verursacht durch Jet-Flugzeuge.
Längsunebenheit-Welligkeit:	Quer zur Verkehrsrichtung verlaufende, regelmässig auftretende Wellen. Zum Beispiel durch hohe Verkehrslasten bzw. Brems- oder Beschleunigungskräften in Verbindung mit verformungsanfälligen Deckbelagsschichten, einer zu geringen Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion oder fehlendem Schichtenverbund verursacht.

Substanzschäden im Asphalt

Zustandsmerkmale	Ursachen
Aufstauchungen:	Erhöhungen im Asphalt an Übergängen von Bauweisenwechseln und Austauschflächen. Durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten von hydraulisch und bituminös gebundenen Oberbauten werden bei Temperaturveränderungen verschieden grosse Längenänderungen hervorgerufen. Dies kann bei wechselnden Oberbauweisen oder Aufbauquerschnitten im Übergangsbereich zu Aufstauchungen führen.
Brems- und Schubrisse:	Quer zur Achse verlaufende, sichelförmige Risse. Durch den Verkehr verursachte Risse aufgrund von Brems- und Beschleunigungsvorgängen. Meist auch ein Hinweis auf mangelhaften Schichtenverbund zwischen den Asphaltschichten und/oder auf einen geringen Verformungswiderstand des Asphaltes.
Einzelrisse- Längs- und Querrisse:	Meist werden Einzelrisse durch mangelhafte Nahtausbildung, Alterung der Asphaltkonstruktion, durch ein ungünstiges Kälte- und Ermüdungsverhalten oder das Durchschlagen von Rissen aus darunter liegenden Schichten (hydr. geb. Schichten und Einzelstörungen) verursacht.
Netzrisse aufgrund Alterung und Temperatur:	Untereinander verbundene Risse, welche die Asphaltfläche in näherungsweise rechteckige Flächen unterteilt. Meist durch Alterung aufgrund hohlraumbedingter Verhärtung des Asphaltes und thermisch induzierten Zugspannungen verursacht.
Netzrisse aufgrund Ermüdung / Überlastung:	Untereinander verbundene Risse in den Rollbereichen des Verkehrs, welche eine kleinflächige Struktur in Verbindung mit zunehmenden Unebenheiten entwickeln. Versagensbrüche aufgrund der Ermüdung des Asphaltes unter wiederholt auftretender Verkehrslast.
Reflexionsrisse:	Risse in einer Deckschicht auf einer hydraulisch gebundenen Tragschicht oder einer alten Betonplatte. Durchschlagende Risse aufgrund von temperaturbedingten Bewegungen in unteren Schichten.
Spurrinnenbildung:	Verdrückungen mit möglichen Seitenhebungen in der Fahrspur des Verkehrs. Durch Verkehr verursachte Verformungen, die zu einer Deformation der Asphaltkonstruktion führen können. Spurrinnen werden in den meisten Fällen durch einen ungenügenden Verformungswiderstand einzelner oder mehreren Schichten, seltener durch eine unzureichende Tragfähigkeit des Oberbaus verursacht.

B) Zustandsmerkmale - Beton

Schäden der Betonoberfläche

Zustandsmerkmale	Ursachen
Abplatzungen:	Abplatzungen von Einzelkörnern oder kleinen Betonstücken, verursacht u.a. durch ungeeignete Gesteinskörnung, Mörtelanreicherungen an der Oberfläche oder Mischfehler im Ortbeton. Hervorgerufen durch Frost-Tau-Wechsel und meist verstärkt in Verbindung mit Enteisungsmitteln.
Flickstellen – kleinflächig:	Reparaturstellen mit weniger als 0.50 m2 Fläche, welche auf die Behebung von kleineren Einzelschäden deuten. Kleinere Flickstellen in Betondecken sind meist noch kein Hinweis auf eine fortschreitende Schädigung. Eine Anhäufung von Flickstellen ist jedoch immer ein Hinweis auf einen grundsätzlichen Defekt in der Substanz.
Flickstellen – grossflächig:	Reparaturstellen mit mehr als 0.50 m2 Fläche, welche auf die Behebung bereits grösserer Schäden deuten. Eine Anhäufung von grossen Flickstellen ist immer ein Hinweis auf einen grundsätzlichen Defekt in der Substanz. Grosse Flickstellen in Betondecken begünstigen oft auch eine weiter fortschreitende Schadensentwicklung aufgrund von zusätzlich entstehenden Zwängungen.
Frostaufbrüche/-Risse:	Meist D-förmige Risse entlang einer Fuge oder eines Bruches. In Fugen oder Risse eingedrungenes Wasser, welches nicht abfliessen kann, führt in Verbindung mit Frost zu Absprengungen und Aufbrüchen.
Geschädigter Fugenverguss:	Ablösungen des Fugenvergusses vom Beton, welcher das Eindringen von Wasser, Schmutz und Steinen in die Fuge ermöglichen. Meist bedingt durch Alterung der Fugenmasse oder unsachgemässe Fugenausbildung (z.B. zu kleiner Fugenabstand). Die Berührung mit Schmierstoffen und Enteisungsmitteln kann zu einer Reaktion führen, falls eine ungeeignete Fugenmasse gewählt wird.
Gummiabrieb:	Reifenabrieb auf der S/L-Bahn in den Aufsetzzonen landender Flugzeuge. Siehe Ursachen und Auswirkungen analog der bituminösen Oberfläche mit dem Griffigkeitsverlust.
Kantenschäden an Fugen:	Abbrüche entlang von Fugen, welche nicht durch die gesamte Betonplatte gehen, sondern in den Fugen münden. Meist durch das Eindringen von Fremdkörpern in die Fugen verursacht. Diese behindern das Dehnen und

Kantenschäden bei Betonplatten:	führen im Fugenbereich zu Spannungsspitzen, die die Festigkeit des Betons überschreiten. Bei Betonbelägen können infolge Schwarzhäumung vorstehende Ecken und Kanten von verkippten Betonplatten mechanisch beschädigt werden, wodurch ebenfalls Materialabtragungen und -ablösungen analog den bituminösen Belägen entstehen können.
Netzrisse:	Oberflächennahe feine Risse mit geringer Tiefe in der Betondecke. Meist durch unzureichende Nachbehandlung der Betondecke verursacht.
Polierte Oberfläche / grobe Gesteinskörnung:	Glatte Oberflächen der groben Gesteinskörnungen. Polierte grobe Gesteinskörnungen, meist durch hohe Verkehrsbeanspruchungen oder durch Reinigungsverfahren oft in Verbindung mit wenig resistenten groben Gesteinskörnungen verursacht.

Substanzschäden von Betonquerschnitten

Zustandsmerkmale	Ursachen
Abwandern von Betonplatten:	Auseinanderdriften von Betonplatten. Ursache ist meist eine fehlende Verankerung oder ein fehlendes Widerlager der äusseren Beton-Streifen.
Eckabbrüche:	Schräge Brüche, welche die Fugen an zwei Seiten der Betonplatte verbinden und über weniger als die halbe Betonplattenlänge reichen. Meistens durch Spannungsspitzen im Randbereich der Betonplatte verursacht.
AKR- / AAR – Schädigung:	AKR = Alkali-Kieselsäure-Reaktion, oder AAR = Alkali Aggregat-Reaktion. Zersetzung des Betons aufgrund einer chemischen Reaktion zwischen Bestandteilen des Zementes und der Gesteinskörnung. Bei einer AKR reagieren alkaliempfindliche, kieselsäurehaltige Bestandteile der Gesteinskörnung mit den Alkalien der Porenlösung im Beton zu einem Gel, welches bestrebt ist, Wasser aufzunehmen. Die damit verbundene Volumenvergrösserung kann zu Quelldrücken führen, die das Betongefüge schädigen und die Dauerhaftigkeit des Betons herabsetzen. Der Nachweis eines AAR Betons muss immer vorliegen.
Gebrochene Betonplatte:	Durchgängige Längs- und Querrisse in der Betonplatte. Eine ungünstige Überlagerung von Verkehrs- und Temperaturbeanspruchung führt bei Überschreitung der Betonfestigkeit zu Rissen.
Konstruktive Fugenschäden:	Schäden, welche durch fehlerhafte Ausführungen der Fugen entstehen, z.B. aufgrund fehlerhafter geometrischer Ausbildung der Arbeitsfuge. Abrisse in Betonplatten im Bereich von Ankerenden.

	<p>Durch die Verankerung mehrerer Betonplatten kann aufgrund von Zwängungen die Zugfestigkeit der Betondecke überschritten werden.</p> <p>Abrisse oder Ausbrüche in den Betonplatten durch schräg eingebaute Dübel (Zwängungen infolge temperaturbedingter Bewegungen).</p>
Pumpen der Betonplatten:	<p>Bewegungen der Betonplatten unter Verkehrslast.</p> <p>Ursache ist eine mangelhafte Fugenpflege. Bei undichten Fugen dringt Wasser zwischen die Betondecke und die Tragschicht. Wenn das Wasser nicht abfließen kann, entsteht unter Lasteindringung eine sogenannte Pumpwirkung. Es entsteht eine Änderung der Auflagebedingungen der Betonplatte (Hohlraum und Stufenbildung) mit der Folge von Rissbildung in der Betondecke.</p>
Hitzeschäden:	<p>Aufgrund der Behinderung der Längenausdehnung (mangelhafte Fugenpflege oder falsche Sanierung).</p>
Stufenbildung:	<p>Höhenversatz zweier aneinander stossender Betonplatten.</p> <p>Durch mangelnde Querkraftübertragung oder durch Hohlräume unter der Betondecke infolge Erosion der Tragschicht.</p>

Flugbetriebsflächen haben sich in einem baulich guten, dauerhaften und abriebfesten Zustand zu befinden.

Die oben aufgeführten und beschriebenen Zustandsmerkmale bzw. Schäden bei Asphalt- und bei Betonbelägen müssen in erster Linie aus flugsicherheitstechnischen Gründen verhindert und sofort instand gesetzt werden.

4.2.2 Griffigkeit

Eine ausreichende Griffigkeit ist aufgrund der hohen Geschwindigkeiten ein wichtiges Sicherheitskriterium auf den Hauptpisten. Auf Rollwegen und Plätzen ist die Griffigkeit von untergeordneter Bedeutung.

Eine gute und homogene Griffigkeit der Beläge sichert den genügenden und gleichmässigen Bodenkontakt und verhindert ein seitliches Ausbrechen der startenden und landenden Flugzeuge. Bei uneinheitlicher Griffigkeit besteht die Gefahr einer einseitigen Abbremsung. Neben der Beschaffenheit der Verkehrsfläche, die eine ausgeprägte Makro- und Mikro-Rauheit aufweisen sollte, haben zusätzlich das Reifenprofil, Witterungseinflüsse (Temperatur und Nässe) und die Geschwindigkeit einen grossen Einfluss auf den Gleitreibungsbeiwert μ .

Die Griffigkeitsanforderungen von Flugbetriebsflächen sind gemäss den Vorgaben des ICAO Annex 14, Vol. I zu erfüllen. Entsprechend ist die Griffigkeit in regelmässigen Abständen bei angenässter Oberfläche durch ein kontinuierlich messendes System zu erfassen.

Es sind folgende Verfahren bekannt: Skiddometer, Mu-Meter, LCF-Trailer oder Surface Friction Tester (SFT).

Bei einer Wasserfilmdicke von 1mm, werden in Abhängigkeit des Messgerätes gemäss der ICAO, nachfolgend aufgeführte Griffigkeiten gefordert.

Art des Messsystems	Messgeschwindigkeit 65 km/h			Messgeschwindigkeit 95 km/h		
	Minimumwert	Warnwert	Neubauwert	Minimumwert	Warnwert	Neubauwert
Mu-Meter	0.42	0.52	0.72	0.26	0.38	0.66
*Skiddometer	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
Trailer						
Surface Friction Tester, SFT	0.50	0.60	0.82	0.41	0.54	0.74
LCF Trailer	0.43	0.53	0.74	0.24	0.36	0.64

Tabelle 4.1: Griffigkeitsanforderungen nach ICAO

* In der Schweiz das Standard-Messgerät

Die gemessenen Reibungswerte unterscheiden sich je nach Messsystem und Messgeschwindigkeit bei gleicher Oberfläche und sind untereinander nicht direkt vergleichbar. Mit steigender Geschwindigkeit werden geringere Gleitreibungsbeiwerte gemessen.

Der unterste Grenzwert der ICAO (65 km/h gemessen) beträgt beim Skiddometer $\mu = 0.50$.

Wird dieser Grenzwert nicht erreicht muss die Griffigkeit wieder hergestellt werden. Die ICAO fordert eine Mindestrauheit von 1mm für Flugbetriebsflächen.

Wie die Erfahrung in der Praxis zeigt, sind in den letzten Jahren diesbezüglich nie Probleme aufgetreten. Mit zunehmendem Alter kann eine Verbesserung der Griffigkeit durch Versprödung des Bindemittels und "Absanden" der oberflächlichen Feianteile beobachtet werden.

Auf eine Griffigkeitsverbesserung durch mechanische Bearbeitung der Deckenoberfläche, wie etwa das sogenannte "Grooving" sollte verzichtet werden, denn dadurch kann ein vermehrtes Ablösen der Gesteinskörner eintreten.

4.2.2 Formbeständigkeit und Ebenheit des Aufbaus

Die Längsebenheit spielt bei den Flugbetriebsflächen vor allem dort eine grosse Rolle, wo die Flugzeuge mit bis zu 300km/h rollen. Verformungen und Unebenheiten wirken sich auf die Laufruhe der Räder aus, die dadurch dynamische Überbeanspruchungen erleiden. Unebenheiten in Längsrichtung werden von den fliegenden Besatzungen verspürt und von den Beschleunigungsmessern (g-Messer) als Schläge auf die Flugzeuge automatisch registriert.

Verformungen und Unebenheiten in Querrichtung führen bei den vorhandenen minimalen Quergefällen von max. 1.0% ÷ 1.5% und weitgehend fehlendem Längsgefälle sehr schnell zur Bildung von Wasserpfützen und damit zur Gefahr von Aquaplaning. Besonders auf Rollstrassen, auf denen im Gegensatz zu den breiten Flugpisten sehr "Spur treu" gerollt wird, ist die Gefahr von Spurrillen gegeben. Es handelt sich dabei nicht um Abnützung, sondern um Verformungen der Oberfläche unter hoher Last. Dabei können mangelnde Belagsqualität, mangelnde Belagsstärke, aber auch mangelnde Tragfähigkeit der Fundationschicht die Auslöser sein.

Für die Bewertung der Längsebenheit von Verkehrsflächen existiert eine Vielzahl von Berechnungsmethoden. In Kap. 5 wird näher darauf eingegangen.

Die ICAO Annex 14, Vol. I beschreibt Anforderungen an die Ebenheit von Pisten wie folgt:

- Als Abnahmekriterium wird nach dem Strassenbauregelwerk für kurzweilige Unebenheiten ein Wert von 4 mm unter der 4 m-Latte und nach ICAO ein Wert von 3 mm unter der 4 m-Latte gefordert.
- Einzelne Unebenheiten (Stufenbildung), die im Laufe der Nutzungsdauer entstehen, sollten nach der ICAO über eine Distanz von 45 m nicht grösser als 2.5 bis 3 cm sein. Pfützenbildung (Aquaplaning Gefahr) ist zu vermeiden.
- Verbindliche Vorgaben für die Begrenzung der langwelligen Unebenheiten während der Nutzungsdauer sind im Regelwerk nicht angegeben.

In Kapitel 5 ist eine neuere Methodik zur Erfassung und Beurteilung der Längsebenheit im Detail beschrieben. Der sogenannte IRI-Index (International Roughness Index) wird häufig für die Beurteilung der Längsebenheit auf Flugplätzen eingesetzt. Ein IRI von 0 entspricht einer absolut perfekten Fahrbahnoberfläche. Für Pisten wird im Allgemeinen ein IRI-Wert von < 2 gefordert.

IRI-Werte zwischen 2 und 3.5 sind noch nicht kritisch und können für bestehende Flugbetriebsflächen problemlos akzeptiert werden. Dieser Wert entspricht der Anforderung für neue Beläge auf Strassen.

4.3 Tragfähigkeit

4.3.1 Allgemeines

Um ein weltweit einheitliches Verfahren zur Klassifizierung der Tragfähigkeit von Flugbetriebsflächen zu schaffen, wurde im Auftrag der ICAO (Annex 14) Anfang der 1980er Jahre die sogenannte ACN / PCN-Methode entwickelt.

Danach ist der ACN-Wert eine Zahl, die die relative Wirkung eines Luftfahrzeuges auf eine Befestigung bei bestimmten Untergrundeigenschaften ausdrückt.

Der PCN-Wert beschreibt den Widerstand, den eine Flugbetriebsfläche einer Belastung entgegenhält.

Nach dem ACN/PCN-Verfahren kann eine Flugbetriebsfläche ohne Einschränkung genutzt werden, wenn der ACN-Wert der Luftfahrzeuge kleiner bzw. gleich wie der PCN-Werts der Flugbetriebsfläche ist.

4.3.2 Erläuterung der ACN/PCN-Angaben

Beim Vergleich der beiden Werte ACN/PCN sind neben dem reinen Zahlenwert unbedingt die gesamten Angaben zur ACN bzw. PCN zu beachten.

Neben dem Tragfähigkeitswert enthält eine ACN bzw. PCN weitere Angaben:

- zur Art der Flugbetriebsfläche
- zum zulässigen Reifeninnendruck
- zur Tragfähigkeit des Untergrundes und
- zur Berechnungsmethode

Die Nutzung einer Fläche im Überlastbetrieb, das heisst $ACN > PCN$, ist unter der Voraussetzung einer Sorgfältigkeitsüberprüfung möglich.

Bei einem höheren oder längeren Überlastbetrieb ist allerdings mit einer erheblichen Verkürzung der Nutzungsdauer, bei gleichzeitigem Ansteigen des baulichen Unterhalts, zu rechnen. Die Beurteilung der Tragfähigkeit von Oberbauten berücksichtigt das Ermüdungsverhalten der Baustoffe durch wiederholte Belastungen. Je höher die Last ist, umso geringer ist die Anzahl an Lastwechseln, welche die Fläche bis zum Auftreten erster Überlastungsschäden überrollen können. So stellt der erste Ermüdungsriß im Oberbau noch kein vollständiges Versagen einer FBF (vgl. Einsturz einer Brücke) dar, ist jedoch der Anfang einer unter diesen Lasten mehr und mehr fortschreitenden Verschlechterung der Oberflächeneigenschaften. Deshalb ist eine Betrachtung immer mit der wirtschaftlichen Nutzung über einen bestimmten Zeitraum als Nutzungsdauer des Oberbausystems verbunden.

Als Orientierungsgrösse wird in der ICAO ohne wesentliche Einschränkungen ein Überlastbetrieb (im Regelbetrieb) bis zu 10% bei flexiblen Belägen und bis zu 5% bei starren Belägen zugelassen, solange nicht mehr als 5% der Flugbewegungen eines Jahres die PCN überschreiten. In Ausnahmefällen kann für Einzellasten in Abhängigkeit des Pistenzustandes eine Höherbelastung von 50% bis max. 100% zugelassen werden. Höhere Flugzeuglasten sollten nur noch im Falle von Notlandungen erfolgen.

Art des Systems	Bezeichnung
Flexibler Deckenaufbau (Asphaltdecke)	F (flexible, Asphaltaufbau)
Starrer Deckenaufbau	R (rigid, Betonaufbau)

Tabelle 4.2: Deckensysteme

Bei der Art des Systems wird zwischen einem starren (R) und einem flexiblen (F) System unterschieden.

Flexibles Deckensystem			
CBR-Wert (%)	Bereich (%)	Code	Bezeichnung
15	> 13	A	hoch
10	9 bis 13	B	mittel
6	4 bis 8	C	niedrig
3	< 4	D	sehr niedrig

Tabelle 4.3: PCN-Wert - Index für die Tragfähigkeit des Untergrundes bei flexiblem Deckensystem

Starres Deckensystem			
k-Wert (MN/m ²)	Bereich (MN/m ²)	Code	Bezeichnung
150	> 120	A	hoch
80	61 bis 120	B	mittel
40	25 bis 60	C	niedrig
20	< 25	D	sehr niedrig

Tabelle 4.4: PCN-Wert - Index für die Tragfähigkeit des Untergrundes bei starrem Deckensystem

Die Einstufung der Unterlage erfolgt durch flexible und starre Deckensysteme unterschiedlich.

Bei flexiblen Systemen wird der Untergrund mit dem CBR-Wert (California Bearing Ratio) des Erdplanums beschrieben.

Bei einem starren Deckensystem erfolgt die Zuweisung zu den vier Untergrundkategorien über die Bettungsziffer k des Unterbaus der Betondecke.

Zulässiger Reifendruck (MPa)		Kategorie	
MPa	MN/m ²	Code	Bezeichnung
> 1.5	> 1.50	W	hoch
1.1 bis 1.5	1.10 – 1.50	X	mittel
0.5 bis 1.0	0.50 – 1.00	Y	niedrig
< 0.5	< 0.50	Z	sehr niedrig

Tabelle 4.5: PCN-Wert - Index für die Einstufung des Reifeninnendruckes

Bei Flugbetriebsflächen kann eine Beschränkung des Reifeninnendruckes vorgenommen werden. Je nach zulässigem Reifeninnendruck werden ebenfalls vier Kategorien unterschieden. Da bei Betonaufbauten der Reifeninnendruck nur eine geringe Auswirkung hat, erfolgt dort meist eine Einstufung in die höchste Kategorie W.

Ermittlung des PCN-Wertes durch	Code
Technische Methode (z.B. Berechnungen)	T
Empirische Methode (Erfahrung)	U

Tabelle 4.6: Methode zur PCN Ermittlung

Bei der Ermittlung der PCN werden zwei Methoden unterschieden; grundsätzlich sollte der technischen Methode (analytische Berechnung) Vorrang gegeben werden.

4.3.3 Beispiel für die Anwendung des Verfahrens

Für zwei Flugbetriebsflächen werden folgende PCN veröffentlicht:

Fläche 1: PCN 50 / F / A / W / T

Fläche 2: PCN 75 / F / D / Y / T

Auf den ersten Blick erscheint der Wert für Fläche 2 deutlich höher. Bei genauer Betrachtung und einem Vergleich mit den ACN-Werten ist die Fläche 2 mit einer deutlich geringeren Tragfähigkeit einzustufen.

			Flexibler Oberbau CBR in %				Starrer Oberbau K in MPa/m			
			A	B	C	D	A	B	C	D
Luftfahr- zeug	Gewicht	Reifen- Innendruck	15	10	6	3	150	80	40	20
A310-300	1480 kN	1.19 MPa	44	49	61	77	40	48	57	65

Tabelle 4.7: Exemplarischer ACN-Wert

Für die Untergrundkategorie A beträgt der ACN-Wert für die A310-300 nur 44, in der Untergrundkategorie D aber 77. Zudem überschreitet die A310 die zulässige Reifeninnendruck-Kategorie Y von 0.5 bis 1.0 MPa.

Ohne Berücksichtigung von weiteren Angaben ist ein ACN-PCN-Vergleich unvollständig und gegebenenfalls fehlerhaft.

4.3.4 Ermittlung ACN-Werte

Der ACN-Wert wird von Flugzeugherstellern nach einem in der ICAO fest vorgeschriebenen Verfahren ermittelt und ist in Listen der Hersteller oder verschiedener Organisationen (z.B. ICAO, FAA) veröffentlicht.

4.3.5 Ermittlung PCN-Werte

Ein standardisiertes Berechnungsverfahren für die Ermittlung der PCN-Werte ist in der ICAO nicht vorgegeben. Vielmehr gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen nationalen Methoden. Üblich sind rechnerische Verfahren auf Basis von Aufbaudaten und Baustoffkennwerten oder auf Basis von Einsenkungsmessungen. Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst die Tragfähigkeit. Diese Faktoren können analytisch oft nur ungenügend erfasst werden. Daher sind bei jeder Bemessungsmethode Vereinfachungen zu treffen. Keine theoretische Prognose kann die tatsächlichen auftretenden Rahmenbedingungen absolut vorhersagen.

Die Abbildung der Tragfähigkeit mit nur einer Zahl ist folglich zwangsläufig mit Ungenauigkeiten behaftet. Die Unschärfe der Eingangswerte führt somit zu einer Bandbreite an Ergebnissen, anstatt zu einem wahren Absolutwert. Aufgrund der verschiedenen Berechnungsverfahren und der Vielzahl an Einflussfaktoren empfiehlt es sich, die Grössenordnung des PCN-Wertes gegebenenfalls mit mehr als nur einem der möglichen Berechnungsverfahren zu ermitteln. Damit können sowohl Einflussfaktoren als auch Fehlinterpretationen vorgebeugt werden.

Berechnungen mit einer Genauigkeit auf 5 PCN-Werte werden als ausreichend genau erachtet.

Die Durchführung verschiedener Methoden zur Bestimmung der Tragfähigkeit und deren Interpretation sind in Kapitel 5 näher beschrieben.

4.4 Besondere Beanspruchungen

4.4.1 Benutzung der Fahrbahn bei hohen Belagstemperaturen

Flächenbefestigungen in konventioneller Asphaltbauweise sind aufgrund der viskosen Eigenschaften des Bindemittels Bitumen bei längeren statischen Belastungen nur für begrenzte Spannungen geeignet. So könnte es beispielsweise vorkommen, dass bei länger einwirkenden statischen Spannungen über 1.0 MPa unter ungünstigen Randbedingungen wie z.B. höhere Sonneneinstrahlung im Sommer bleibende Verformungen auftreten. Da der Reifeninnendruck bei Flugzeugen über 1.0 MPa liegen kann, ist eine genaue Überprüfung der Nutzungsrandbedingungen der einzelnen Flugbetriebsflächen in Asphaltbeton vorgängig vorzunehmen.

Ab einer gewissen Belagstemperatur muss das Befahren mit sehr grossen Betriebslasten bzw. Reifeninnendruck überprüft und wenn nötig vermieden werden. Abklärungen diesbezüglich haben ergeben, dass beim Flughafen ZH Kloten gewisse Lande- und Startbeschränkungen bei hohen Belagstemperaturen vorliegen. Zum Beispiel liegt der Grenzwert der Oberflächentemperatur für "neuere gebaute FBF" für Flugzeuge mit grösserem Reifeninnendruck (>1MPa) bei 40°C.

Für den konkreten Fall wird auf den Schadenfall vom 22. Juli 2013 auf dem Flugplatz Emmen hingewiesen. Die damals entstandene Spurrillenbildung ist bei einer Belagstemperatur von ca. 50°C auf ein Manövrieren mit dem Flugzeugtyp Antonov AN-124 im Bereich des neuen Belages, Kreuzung Piste / Querpiste zurückzuführen. Die Tragfähigkeit der Piste mit einem PCN 62 / F / B / Y / T entspricht in etwa dem ACN-Wert dieses Flugzeuges von ACN 60 bei mittlerer Tragfähigkeit (B) des Untergrundes und einem Reifeninnendruck von 1.03 MPa.

4.4.2 Zu geringe Verkehrs-Belastung

Im Gegensatz zu den Strassenverkehrsflächen, bei welchen die ganze Verkehrsfläche befahren und belastet wird, leiden die bituminösen Beläge auf den Flugbetriebsflächen an einer zu geringen Verkehrsbelastung. Auf wenig befahrenen Asphaltbeton-Belagsflächen altert das Bindemittel vorzeitig und wird spröd, wodurch die Beläge zum "Absanden" und "Ausbrechen" neigen.

Der weit grössere Teil der Flächen ist einer reinen Beanspruchung durch Witterung ausgesetzt.

4.4.3 Behandlung mit Enteisungsmitteln

Während den Wintermonaten kommt hinzu, dass die Beanspruchung der Flugbetriebsflächen durch Lösungsmittel, wie etwa Depatinol zur Pistenenteisung, einen grossen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit und Abriebfestigkeit auf die Oberfläche ausüben kann.

Es ist deshalb wichtig, dass bei Erneuerung von bituminösen Deckbelägen die richtige Wahl des Bindemittels hinsichtlich dieser Eigenschaften getroffen wird.

4.4.4 Anschluss und Einbauten in den Flugbetriebsflächen

In den Oberbau von Flugbetriebsflächen sind meist Einbauten für die Ver- und Entsorgung integriert. Dies sind Schacht und Fundamentsysteme (z.B. Kabelfanganlagen) für die Anlagen der technischen Ausrüstung und Entwässerung. Zusätzlich sind häufig Bauteile und Systeme dieser technischen Anlagen wie optische Landehilfen (Pistenfeuer), Navigationsanla-

gen, Wetteranlagen, Anlagen für die betriebliche Überwachung sowie Leerrohrsysteme mit in den Oberbau integriert. All diese Einbauten und Anschlussbauwerke stellen hinsichtlich Dauerhaftigkeit der Oberfläche eine zusätzliche Herausforderung dar.

4.4.5 Schneeräumung

Eine sehr hohe Beanspruchung der Asphalt- und der Beton-Belagsflächen stellt die Schneeräumung im Winter dar. Die Flugbetriebsoberflächen werden schwarz geräumt. Die mechanische und dynamische Beanspruchung durch die Stahlbürsten und den metallischen Querbalken, welcher während dem Einsatz direkt auf der Pistenoberfläche geführt wird, ist nicht zu unterschätzen. Diese Arbeiten sind ein wesentlicher Faktor, der zu möglichen Schadensbildern, wie Abplatzungen von Beton an der Oberfläche, Zerstörung von Fugenübergängen bei Beton/Belag oder von Betonkanten bei Stufenbildung der Betonplatten führt.

Die zulässige, gegenseitige Differenz bei Betonplatten beträgt max. 0.5 cm, damit die Kanten während den Schneeräumungsarbeiten intakt bleiben.

Dasselbe gilt auch für alle Einbauten, wie Pistenfeuer, Entwässerungsrinnen, Randabschlüsse etc., damit diese auch längerfristig keine Schäden erleiden.

Bei der Schneeräumung ist streng zu beachten, dass das seitliche Schneeprofil eingehalten wird. Im ICAO Doc 9137 / Airport Services Manual-Part 2: Pavement Surface Conditions sind die Anforderungen zum Schneeprofil im Detail beschrieben.

5 Zustandserhebung Ist-Zustand

Die Zustandserhebung auf den Flugbetriebsflächen soll nach einem einheitlichen, standardisierten Prozess stattfinden. Somit ist eine höchstmögliche Vergleichbarkeit der Resultate gegeben. Es ist zu beachten, dass die Vergleichbarkeit der Resultate verschiedener Messmethoden nicht ohne weiteres möglich ist. Die Interpretation und Beurteilung durch die begleitende Fachperson ist unbedingt erforderlich.

Nicht jede Messmethode ist für jede Flugbetriebsfläche geeignet. Zum Beispiel ergeben Tragfähigkeitsmessungen mit dem Lacroix-Deflektograph auf Betonplatten keine korrekten Resultate.

5.1 Übersicht der eingesetzten Messmethoden

Die folgenden Aufnahmemethoden und Geräte sind für die Zustandsaufnahme auf Flugbetriebsflächen geeignet und können angewendet werden:

Ermittlung Zustand Oberflächen:	ARAN-Messfahrzeug visuelle Zustandsaufnahme RoadSTAR
Ermittlung Tragfähigkeit PCN-Werte:	
• auf Asphaltbelag:	Lacroix-Deflektograph
• auf Betonplatten:	Fallgewicht-Deflektometer (FWD) Heavy Weight Deflectometer (HWD)
Ermittlung Griffigkeit:	Skiddometer RoadSTAR
Längsebenheit:	ARAN-Messfahrzeug APL-Gerät RoadSTAR

Bei der Auswahl der eingesetzten Messmethode spielen verschiedene Faktoren eine Rolle:

Kriterium	Entscheidungshilfe
Können die Messungen tagsüber durchgeführt werden oder nur nachts?	Die Aufnahme des Oberflächenzustands ist nachts nur mit dem RoadSTAR möglich.
Wie lange sind die Arbeitszeiten auf den Flugbetriebsflächen (wenige Minuten oder mehrere Stunden?)	Tragfähigkeitsmessungen mit FWD / HWD erfordern deutlich mehr Zeit als mit dem Lacroix-Deflektograph.
Können mehrere Aufnahmen kombiniert und mit dem gleichen Fahrzeug erledigt werden?	Mit ARAN- oder RoadStar-Fahrzeug können Messungen kombiniert werden.
Mit welcher Messmethode wurden die letzten Aufnahmen auf der betreffenden Fläche durchgeführt?	Für eine bessere Vergleichbarkeit sollen die Aufnahmen auf der gleichen Fläche, wenn möglich immer mit der gleichen Messmethode durchgeführt werden.

5.2 Oberflächenuntersuchungen

5.2.1 Aufnahmen

Grundlagen für die Zustandsaufnahme bildet die Schweizer Norm SN 640 925b, Erhaltungsmangement der Fahrbahnen. Obwohl diese Norm für Strassenverkehr gedacht ist, kann sie für die Untersuchung von Flugbetriebsflächen angewendet werden.

Die Oberflächen sollen in Aufnahmefelder (Bahnen) von ca. 3 bis 5m aufgeteilt werden.

Für eine gute Beurteilung sollten die Flächen trocken sein.

ARAN-Messfahrzeug

Dabei werden die Flugbetriebsflächen von einer auf dem Fahrzeug montierten hochauflösenden Kamera aufgenommen. Die Lage der Aufnahmen wird ständig mittels GPS aufgezeichnet. Die Fahrgeschwindigkeit bei den Messungen beträgt ca. 60 km/h.

Auf der Basis der Norm SN 640 925b wird der Index der Oberflächenschäden I_1 bestimmt. Die Beurteilung passiert anhand der aufgenommenen Bilder durch eine Fachperson. Der Schadensindex wird mit Werten von 0 = sehr gut und 5 = sehr schlecht bewertet.

Der Einsatz des ARAN-Messfahrzeugs lohnt sich für grössere Flächen und insbesondere in Kombination mit weiteren Aufnahmeparametern (z.B. Längsebenheit).



Foto 5.1: Aufnahmen mit dem ARAN-Messfahrzeug auf dem Flugplatz Lodrino

Visuelle, manuelle Zustandsaufnahme

Die Oberfläche kann auch manuell, das heisst durch Abschreiten und abschnittsweise Klassifizierung beurteilt werden. Als Grundlage dienen die Beurteilungsparameter gemäss SN-Norm. Diese Methode eignet sich vor allem für Grobbeurteilungen und für kleinere Flächen.

RoadStar

Die Aufnahme des Oberflächenzustands ist vergleichbar mit der Methodik des ARAN-Fahrzeugs. Im Unterschied zum ARAN kann der Road-STAR aber dank der Laservermessung und der Beleuchtung auch nachts Aufnahmen durchführen.

5.2.2 Umfang

Die visuelle Zustandsuntersuchung soll auf allen ausgeschiedenen Flugbetriebsflächen durchgeführt werden.

5.2.3 Beurteilung nach Norm SN 640 925b

Geltungsbereich

Diese Norm gilt für alle Strassen. Sie bezieht sich auf den ganzen Strassenraum und insbesondere auf alle Verkehrsflächen, bei Kunstbauten aber nur auf deren Belag.

Gegenstand

Die Norm behandelt die Erhebung und Bewertung von Fahrbahnen. Sie bezeichnet die entsprechenden Eigenschaften der Fahrbahnen und erläutert die Zustandserhebung sowie die Indexbewertung.

Die Norm legt die Kenngrössen und die Quantifizierung aller Eigenschaften für die Zustandserhebung fest.

Bei der Bewertung regelt die Norm die Umwandlung der erhobenen Grössen in eine einheitliche, dimensionslose Bewertungsskala (Zustandsindizes).

Zweck

Die Norm schafft die Grundlagen für eine einheitliche Erhebung und Indexbewertung des baulichen Zustandes der Fahrbahnen. Die systematische Zustandserhebung und Bewertung ist eine Voraussetzung für das Management der Strassenerhaltung gemäss SN 640 900 "Erhaltungsmanagement (EM), Grundnorm", insbesondere für das Management der Erhaltung von Fahrbahnen.

Zustandsmerkmale und Zustandsindizes

Der Index I_1 charakterisiert die Gesamtheit der Oberflächenschäden unter Einschluss der visuell geschätzten Spurrinnentiefe, während der I_0 dieses Schadenmerkmal nicht enthält.

5.2.4 Theoretische Ansätze

Erhebung

Oberflächenschäden werden durch die Zustandsindikatoren Schadenausmass \underline{A} und Schadensschwere \underline{S} beschrieben. Der Schadenkatalog enthält Hinweise für die Definition des Schadenausmasses und der Schadensschwere aller Schadenmerkmale.

Schadenausmass A

Bezüglich des Schadenausmasses A sind zu jedem Merkmal vier Klassen definiert, die sich auf die Abschnittlänge (z.B. bei Rissen) oder Abschnittsfläche beziehen.

Klasse	Schadenausmass A	Betroffener Anteil
A0	Kein Schaden	0
A1	Schaden kaum auftretend	< 10 %
A2	Schaden stellenweise auftretend	10 bis 50 %
A3	Schaden sehr häufig auftretend	> 50 %

Tabelle 5.1: Beurteilung Schadenausmass Oberfläche

Schadensschwere S

Die Schadensschwere S ist in drei Klassen eingeteilt.

Klasse	Schadensschwere S
S1	Schaden leicht
S2	Schaden mittel
S3	Schaden schwer

Tabelle 5.2: Beurteilung Schadensschwere Oberfläche

Matrixwerte M

Die Matrixwerte ($M_i = A_i \times S_i$) dienen der kombinierten Berücksichtigung von Ausmass und Schadensschwere bei der Bewertung.

$M_i = A_i \times S_i$		Ausmass			
		A0	A1	A2	A3
Schwere	S1	0	1	2	3
	S2	0	2	4	6
	S3	0	3	6	9

Tabelle 5.3: Matrixbewertung Schadenausmass / Schadensschwere

Gewichtung der Schadenmerkmale G

Je nach Belagsart sind folgende Hauptgruppen und die entsprechende Gewichtung G zur Berechnung der Indizes der Oberflächenschäden I_0 und I_1 zu berücksichtigen.

Hauptgruppen der Schadenmerkmale (Gruppen)	Gewichtung G
Strassen mit bitumenhaltigem Belag	
Oberflächenglätte	2
Belagsschäden	2
Belagsverformungen	2
Strukturelle Schäden	3
Flicke	1

Tabelle 5.4: Hauptgruppen der Schäden von Asphaltbelägen

Für Flugbetriebsflächen weicht die Liste der relevanten Schadenbilder geringfügig von der obigen Zusammenstellung ab (Angabe SACR).

- Oberflächenglätte: wenig relevant
- Pneuabrieb in den Aufsetzzonen: wird bei der Messung und Beurteilung der Griffigkeit berücksichtigt, wenn relevant

Berechnung

Die Bewertung der Oberflächenschäden jedes einzelnen Teilabschnittes erfolgt durch den Index der Oberflächenschäden I_0 . Dieser Index wird aus den gewichteten (G) Beträgen aus Schaden- ausmass A und Schadensschwere S, resp. dem daraus folgenden Wert M aus der Matrix der Hauptgruppen von Schäden nach folgender Formel berechnet:

$$I_0 = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{i=n} M_i * G_i$$

Beispiel:

Schadenbild	A	S	M	G	$M_i * G_i$
Oberflächenglätte	1	1	1	2	2
Belagsschäden	3	1	3	2	6
Belagsverformungen	0	-	0	2	0
Strukturelle Schäden	0	-	0	3	0
Flicke	2	2	4	1	4
Summe					12
Index des Oberflächenschadens I_0					1.2

Tabelle 5.5: Beispiel Berechnung Schadensindex

5.2.5 Darstellung

In den Dokumenten wird die Bewertung mit Farben dargestellt. Die Farben sind gemäss dem folgenden Schema den Indexwerten des Oberflächenschadens zugeordnet.

Gegenüber der Norm wurde die Skala etwas verschärft, da an Flugbetriebsflächen hohe Anforderungen gestellt werden.

Der beste Wert $I_1 = 0.0$ wird als "sehr gut" bezeichnet, der schlechteste Wert $I_1 = 5.0$ als "sehr schlecht".

I_1	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Bewertung	sehr gut	gut	mässig	kritisch	schlecht	sehr schlecht				

Tabelle 5.6: Beurteilung Oberflächenschäden

5.2.6 Kennzahlen Kostenschätzung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick der zu erwartenden Kosten für die Durchführung der Untersuchung des Oberflächenzustands.

Es handelt sich um Preisspannen pro 1'000m² untersuchter Flugbetriebsfläche. Die Preise enthalten alle Kosten für Installation, Bereitstellung, Vorbereitung, Durchführung der Untersuchung und Auswertung / Dokumentation.

Die angegebenen Kosten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2001 – 2013 durchgeführt wurden.

Umfang / Grössenordnung	Preisspanne Fr. pro 1'000m ²
Kleine Flächen (< 40'000m ²)	300.- bis 700.-
Mittlere Flächen (40'000m ² – 100'000m ²)	120.- bis 200.-
Grosse Flächen (> 100'000m ²)	100.- bis 120.-

Tabelle 5.7: Kennzahlen Kostenschätzung Zustandsuntersuchung Oberfläche

5.3 Tragfähigkeitsuntersuchungen

Die Messung der Tragfähigkeit auf Flugbetriebsflächen basiert grundsätzlich auf der Messung der Einsenkung unter einer definierten Lasteinwirkung.

5.3.1 Aufnahmen

Lacroix-Deflektograph

Auf Asphaltbelägen können Deflektionsmessungen mit einem EDV-gesteuerten Lacroix-Deflektographen durchgeführt werden. Unter einer definierten Last einer Doppelradachse werden die Verformungen der Oberfläche gemessen und daraus die Tragfähigkeit abgeleitet. In beiden Radspuren wird dabei alle 5.5 m ein Messwert ermittelt. Die Messung erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 3 km/h.

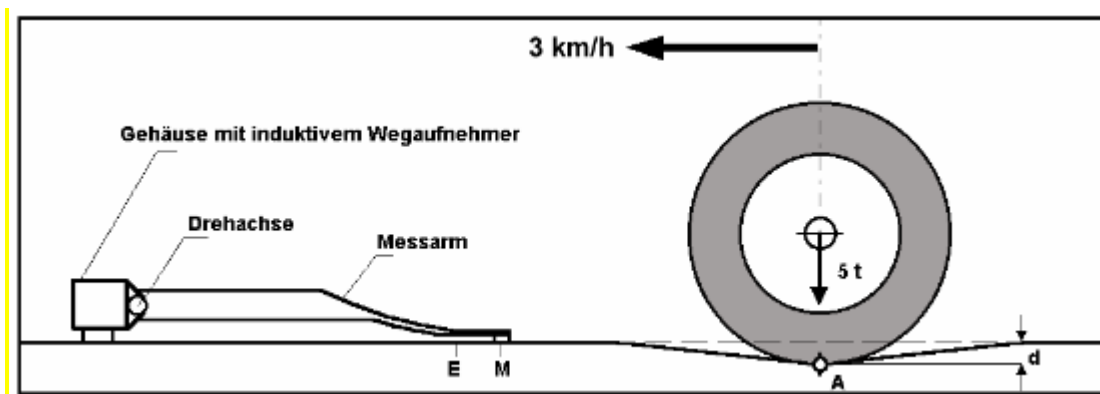


Abbildung 5.1: Muldenaufzeichnung in M während der Lastverschiebung von A nach E

Mit dieser Methode lässt sich nur die Tragfähigkeit von bituminösen Belagsflächen bestimmen, da bituminöser Belag eine relativ flexible Oberfläche bietet, bei der messbare elastische Verformungen entstehen. Die starre Oberfläche von Betonplatten lässt sich auf diese Weise nicht messen.



Foto 5.2: Einsatz des Lacroix-Deflektographen der SACR AG auf dem Flugplatz Dübendorf

Falling Weight Deflectometer (FWD) und Heavy Weight Deflectometer (HWD)

Auf Betonplatten wird die Tragfähigkeit vorzugsweise mittels Falling Weight Deflectometer (FWD) oder Heavy Weight Deflectometer (HWD) gemessen.

Die fallende Masse des FWD erzeugt eine Deformationsmulde. Diese Mulde wird mit 15 vertikalen Bewegungssensoren aufgenommen.

Je nach Stellenwert der aufzunehmenden Fläche wird jede Betonplatte vermessen oder das Aufnahme raster wird reduziert (z.B. jede dritte Platte). Die Punkte sollen jeweils an der schwächsten Stelle, das heisst im Fugenbereich, gemessen werden.

Diese Messmethode ist weitgehend witterungsunabhängig und kann auch bei Nacht und mit Regen erfolgen.



Foto 5.3: Messung der Tragfähigkeit mit dem Heavy Weight Deflectometer

Als Grundlage für die Berechnung des PCN-Werts auf der Basis von FWD- oder HWD-Messungen muss der Belagsaufbau bekannt sein. Die Erfahrungen zeigen, dass der genaue Aufbau an einer spezifischen Stelle oft nur mit Sondierbohrungen ermittelt werden kann. Die zur Verfügung stehenden Planunterlagen sind oft nicht ausreichend und geben keine Auskunft über den genauen Aufbau.

5.3.2 Umfang

Die Tragfähigkeitsmessungen sollen auf allen ausgeschiedenen Flugbetriebsflächen durchgeführt werden.

5.3.3 Definition PCN-Wert

Die Tragfähigkeit wird in der Form von PCN-Werten ausgedrückt (Pavement Classification Number), die sich unter Anwendung der ICAO-Vorschriften (International Civil Aviation Organization) aus den gemessenen Deflektionen ableiten lassen.

Vergleichbare aufeinanderfolgende Werte innerhalb der gleichen Bahn werden für die Darstellung zu homogenen Teilgebieten von unterschiedlicher Länge zusammengefasst.

Der Wert der gemessenen Deflektion d_v ist die Verschiebung in 1/100 mm. Der dazugehörige PCN-Wert berechnet sich folgendermassen:

$$PCN = \left(\frac{6136}{d_v^{1.06}} \right)^{1.045} * 0.475 \text{ als ganzzahliger Wert}$$

Der publizierte PCN-Wert (Belags-Tragfähigkeitsklassifikationszahl) soll den kleinsten, pro Abschnitt gemittelten, gemessenen Wert nicht überschreiten. So wird sichergestellt, dass die Flugbetriebsflächen ihrer Tragfähigkeit entsprechend beansprucht werden und die vorgesehene Nutzungsdauer erreichen können. Der Flugplatzbetreiber kann auch tiefere PCN-Werte publizieren und so die Nutzung der Flugbetriebsflächen durch schwere Flugzeuge einschränken.

Die Publikationen der ICAO zeigen mehrere Möglichkeiten, wie mit Operationen von Flugzeugen mit einem $ACN > PCN$ umgegangen werden kann. Vereinfacht sind folgende Überbelastungen unproblematisch:

- Asphaltbeläge: Einzelne Operationen mit Flugzeugen mit einem $ACN < PCN + 10\%$
- Betonbeläge: Einzelne Operationen mit Flugzeugen mit einem $ACN < PCN + 5\%$
- Die Anzahl der Operationen mit Überlast sollte ca. 5% der jährlichen Flugbewegungen nicht überschreiten.
- In Tauphasen oder wenn die Foundation durch Wasser geschwächt sein könnte, sollten keine Überlastungen zugelassen werden.
- Überlastungen sollten nicht zugelassen werden auf Belägen, die bereits grössere Schäden aufweisen.
- Überlastungen sollten vermieden werden auf neuen Asphaltflächen bei hohen Temperaturen (vgl. Kapitel 4.4.1) Grund: Belagsverformungen wahrscheinlich.

Für Operationen mit grösseren Überlastungen beschreiben die Normen der ICAO detaillierte Methoden zur Zulassungsprüfung und Überwachung¹.

Der publizierte PCN-Wert eines Flugfeldes gibt ausserdem Informationen über die Art des Belages, den Untergrund, den zulässigen Reifendruck und über die Art der Ermittlung der Werte.

Pavement Classification Number Zusätze	PCN	Belags-Tragfähigkeits-Klassifikationszahl (dimensionslos)
Art des Belags		
PCN 50 / F / A / Y / U	F	F = flexible Pavement, flexibler Deckbelag (bituminöser Belag)
PCN 50 / R / A / Y / U	R	R = rigid Pavement, starrer Deckbelag (Betonbelag)
Untergrund-Tragfähigkeit		
PCN 50 / R / A / W / T	A	A = Tragfähigkeit hoch (CBR > 13, K > 120 MN/m ³)
PCN 50 / R / B / W / T	B	B = Tragfähigkeit mittel (CBR = 8-13, K = 60 – 120 MN/m ³)
PCN 50 / R / C / W / T	C	C = Tragfähigkeit gering (CBR = 4-8, K = 25 - 60 MN/m ³)
PCN 50 / R / D / W / T	D	D = Tragfähigkeit sehr gering (CBR < 4, K < 60 MN/m ³)
Höchstzulässiger Reifendruck		
PCN 50 / R / B / W / T	W	W = Höchstzulässiger Reifendruck hoch (keine Grenze)
PCN 50 / R / B / X / T	X	X = Höchstzulässiger Reifendruck mittel (≤ 1.5 MPA)
PCN 50 / R / B / Y / T	Y	Y = Höchstzulässiger Reifendruck gering (≤ 1.0 MPA)
PCN 50 / R / B / Z / T	Z	Z = Höchstzulässiger Reifendruck sehr gering (≤ 0.5 MPA)
Art der Ermittlung der Tragfähigkeit		
PCN 50 / R / B / X / T	T	T = Tragfähigkeit mit technischen Mitteln ermittelt
PCN 50 / R / B / X / U	U	U = Tragfähigkeit mit Erfahrungswerten ermittelt

Tabelle 5.8: Erläuterungen zum publizierten PCN-Wert

Der PCN-Wert ist eine dimensionslose Vergleichszahl zur Definition der Grenztragfähigkeit des Belags. Er steht in folgendem Verhältnis zum ACN-Wert² (Aircraft Classification Number):

Wenn der ACN-Wert eines Luftfahrzeugs kleiner oder gleich dem PCN-Wert eines Flugplatzes ist, kann das Flugzeug den Platz ohne Einschränkungen benutzen.

Liste von ACN-Werten für einige auf den Schweizer Militärflugplätzen operierende Flugzeugtypen:

¹ Vgl. ICAO Aerodrome Design Manual Part 3, Pavements

² Der ACN-Wert wird vom Flugzeug-Herstellern publiziert oder kann berechnet werden

Flugzeugtyp	MTOW [t]	ACN-Wert ¹
Airbus A320-100	66.7	40
Airbus A320-200	74.4	45
Antonov AN-24	20.7	11
Antonov AN-124-100	384.4	77
ATR-42	18.2	11
ATR-72	21.1	14
BAC-111/400	39.0	27
Beech 1900C / D	7.6	4
Beech King Air 200 Series	5.6	3
Beech King Air 300	6.7	4
Boeing B737-300	62.3	41
Boeing B747-400F	390.5	82
Boeing B757-200	113.4	47
Boeing F/A-18 Hornet	25.4	25
Bombardier Challenger 604	21.2	14
Bombardier BD-700 Global Express	43.2	30
Cessna Citation Excel	9.0	8
Dassault Falcon 50	17.3	12
Dassault Falcon 900	20.2	14
Dornier Do-228	6.3	6
Douglas DC-3	14.7	10
Gulfstream GV	40.5	30
Pilatus PC-6	2.8	2
Pilatus PC-7 / -9	2.7	2
Pilatus PC-12	4.7	4
Pilatus PC-21	3.1	3
Fokker 50	20.5	13
Iljuschin IL-62	164.8	68
Lockheed C-130 Hercules	77.8	37
McDonnell Douglas MD-11	280.5	90
Northrop F-5 Tiger	11.2	10
Transall C-160	50.0	13

Tabelle 5.9: Maximalgewicht- und ACN-Werte ausgewählter Flugzeugtypen

⁵ Annahme: Untergrundklasse C, Tragfähigkeit gering

Hinweis: ACN-Werte für flexible oder starre Beläge variieren leicht. Hier ist der Wert für flexible

Beläge bei maximalem Startgewicht (MTOW) angegeben, Angabe Pilatus durch eigene Berechnung, nicht bestätigt durch Pilatus Flugzeugwerke

5.3.4 Nutzungsorientierte Beurteilung PCN-Wert

Die Anforderung an den PCN-Wert einer Flugbetriebsfläche ist in hohem Mass abhängig von der spezifischen Nutzung. Eine Flugbetriebsfläche mit Nutzung durch Kampffjets und grosse Transportflugzeuge (z.B. Payerne) stellt andere Anforderungen als eine Fläche auf einem Kleinflugplatz mit kurzer, schmaler Piste (z.B. Locarno).

Ein PCN-Wert von 20 muss nicht zwingend schlecht bzw. ungenügend sein. Der ermittelte PCN-Wert muss folglich mit der Nutzung verglichen und objektspezifisch beurteilt werden.

5.3.5 Beurteilung der Tragfähigkeit von Belagsflächen für Leichtflugzeuge

Die ACN-PCN-Methode ist geeignet für die Beurteilung von Flugbetriebsflächen mit Nutzung durch Flugzeuge mit einem maximalen Abfluggewicht von $> 5'700\text{kg}^1$.

Flächen, die nur von Leichtflugzeugen ($\text{MTOW} \leq 5'700\text{kg}$) benutzt werden sollen auf die Belastung durch Strassenfahrzeuge (z.B. Tankfahrzeuge, Schneeräumung, Pistenfahrzeug etc. dimensioniert werden).

5.3.6 Vergleich PCN – LCN

Bei früheren Tragfähigkeitsmessungen wurden anstelle der heute gebräuchlichen PCN-Werte die LCN-Werte ermittelt.

Für die Umrechnung zwischen LCN- / PCN- / Deflektionswerten können **für mit dem Lacroix-System ermittelte Messungen** folgende Formeln angewendet werden:

Berechnung LCN aus Deflektionswert Lacroix:
$$LCN = \frac{6136}{Dv^{1.06}}$$

Berechnung PCN ab LCN-Wert:
$$PCN = (LCN^{1.045}) * 0.475$$

Berechnung PCN ab Deflektionswert Lacroix:
$$PCN = \left(\frac{6136}{Dv^{1.06}}\right)^{1.045} * 0.475$$

5.3.7 Kennzahlen Kostenschätzung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die zu erwartenden Kosten für die Durchführung von Tragfähigkeitsmessungen.

Es handelt sich um Preisspannen pro $1'000\text{m}^2$ untersuchter Flugbetriebsfläche. Die Preise enthalten alle Kosten für Installation, Bereitstellung, Vorbereitung, Durchführung der Untersuchung und Auswertung / Dokumentation.

Die angegebenen Kosten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2001 – 2013 durchgeführt wurden.

Aufgrund der unterschiedlichen Messmethoden können die Kosten stark variieren. Im Zweifelsfall sind Richtpreisofferten einzuholen.

¹ Vgl. ICAO Aerodrome Design Manual Part 3, Pavements, Kapitel 1.2

Umfang / Grössenordnung	Preisspanne Fr. pro 1'000m ²
Kleine Flächen (< 40'000m ²)	550.- bis 900.-
Mittlere Flächen (40'000m ² – 100'000m ²)	300.- bis 600.-
Grosse Flächen (> 100'000m ²)	230.- bis 550.-

Tabelle 5.10: Kennzahlen, Kostenschätzung, Tragfähigkeitsmessungen Asphaltbeläge

Umfang / Grössenordnung	Preisspanne Fr. pro 1'000m ²
Kleine Flächen (< 20'000m ²)	700.- bis 900.-
Mittlere Flächen (20'000m ² – 100'000m ²)	600.- bis 800.-
Grosse Flächen (> 100'000m ²)	400.- bis 600.-

Tabelle 5.11: Kennzahlen, Kostenschätzung, Tragfähigkeitsmessungen Betonbeläge

5.4 Griffigkeit

5.4.1 Aufnahmen

Die Ermittlung der Belagsgriffigkeit erfolgt üblicherweise mit dem Skiddometer, einem fahrzeuggezogenen Griffigkeits-Messgerät bei einer Geschwindigkeit von 60 bis 80 km/h. Ein freilaufendes Pneurad wird dabei im Rhythmus von etwa 50 m abgebremst (Schlupfmessung nach ICAO). Die Piste wird vorgehäst. Das auf dem Messfahrzeug RoadSTAR montierte System dürfte dem Skiddometer ähnlich sein. Die ICAO lässt weitere Messmethoden zu (Mu-Meter, Surface Friction Tester, Runway Friction Tester, TATRA).

Der Reibungskoeffizient μ wird durch Messung des Drehmoments mittels Dehnungsmessstreifen bestimmt und in einem Diagramm graphisch dargestellt. Die Erhebung hat bei Belagstemperaturen von mindestens 5° C zu erfolgen.

Für die Messung mit dem Skiddometer gibt die ICAO folgende Rahmenbedingungen und einzuhaltende Werte vor:

Reifentyp	Reifendruck [kPa]	V [km/h]	Wassertiefe [mm]	Zielwert neue Oberflächen	Zielwert bestehende Flächen	Minimalwert
B	210	65	1	0.82	0.60	0.50
B	210	95	1	0.74	0.47	0.34

Tabelle 5.12: Zielwerte für Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer gemäss ICAO

Hinweis:

Aufgrund der grösser werdenden Makrotextur älterer Beläge werden die Griffigkeitswerte mit zunehmendem Alter oft besser.

5.4.2 Umfang

Die Griffigkeitsmessungen werden nur auf den Pisten durchgeführt.



Foto 5.4: Messung der Griffigkeit mittels Skiddometer auf dem Flugplatz Lodrino

> 90	sehr gut
89 bis 80	gut
79 bis 70	mässig
69 bis 60	ausreichend
59 bis 50	knapp genügend (Grenzwert ICAO)
< 50	ungenügend

Tabelle 5.13: Beurteilungsskala Skiddometer gemäss ICAO

Die oben dargestellte Beurteilungsskala gilt für mit dem Skiddometer ermittelte Griffigkeitswerte mit einer Testgeschwindigkeit von 65 km/h.

Der nach ICAO einzuhaltende minimale Reibungskoeffizient beträgt 50 (für Testgeschwindigkeit 65 km/h).

5.4.3 Kennzahlen Kostenschätzung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die zu erwartenden Kosten für die Durchführung von Griffigkeitsmessungen.

Es handelt sich um Preisspannen pro 1'000m² untersuchter Flugbetriebsfläche. Die Preise enthalten alle Kosten für Installation, Bereitstellung, Vorbereitung, Durchführung der Untersuchung und Auswertung / Dokumentation.

Die angegebenen Kosten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2001 – 2013 durchgeführt wurden.

Umfang / Grössenordnung	Preisspanne Fr. pro 1'000m ²
Kleine Flächen (< 40'000m ²)	145.- bis 160.-
Mittlere Flächen (40'000m ² – 100'000m ²)	120.- bis 140.-
Grosse Flächen (> 100'000m ²)	100.- bis 120.-

Tabelle 5.14: Kennzahlen, Kostenschätzung, Zustandsuntersuchung Griffigkeit

5.5 Längsebenheitsmessungen

5.5.1 Aufnahmen

Die Längsebenheit kann mit dem ARAN-Messfahrzeug, dem APL-Gerät oder dem RoadSTAR aufgenommen werden.

Bei allen Aufnahmeegeräten werden pro Fahrt eine oder mehrere Messspuren aufgenommen.

Weil die Flugbetriebsflächen generell knappe Gefällsverhältnisse aufweisen, führen bereits bescheidene Verformungen zur Bildung von Pfützen.

ARAN-Messfahrzeug

Mit dem ARAN-Fahrzeug wird pro Fahrt links und rechts ein Längenprofil erfasst (Breite: ca. 1.8 m). Auf einer Piste mit 40 m Breite sollen 5 Messbahnen aufgenommen werden. Auf den 10 m breiten Rollwegen sollen jeweils 2 Messbahnen erfasst werden.

Die Messung kann mit hoher Geschwindigkeit erfolgen.

Alle 12.5 mm wird mittels Lasermessung ein Messpunkt aufgezeichnet. Daraus kann die Längsebenheit gegenüber der Referenzebene abgebildet werden. Die Daten können nach verschiedenen Beurteilungskriterien (W - und S_w -Werte gemäss SN-Norm 640'520a, IRI, PSD etc.) ausgewertet werden.



Foto 5.5: Laserabtastung der Oberfläche alle 12.5 mm

APL-Gerät

Das APL-Gerät zeichnet den variablen Winkel zwischen dem Messarm und dem Trägheitspendel (dient als Referenzebene) auf.

Die Messung erfolgt bei Geschwindigkeiten zwischen 40 km/h und 80 km/h.

Die Daten können ausgewertet werden nach verschiedenen Beurteilungskriterien (W- und S_w -Werte gemäss SN-Norm 640'520a, IRI, PSD etc.)



Foto 5.6: APL-Gerät

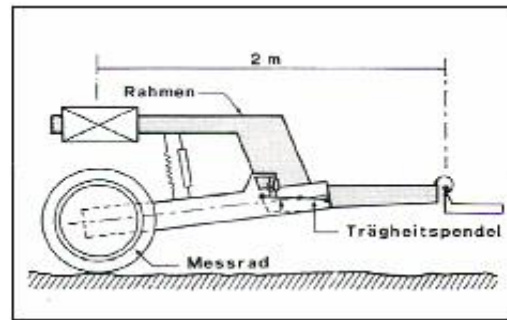


Abbildung 5.2: APL-Gerät

RoadSTAR

Die Funktion ist ähnlich derjenigen des ARAN-Fahrzeugs. Die kontinuierliche Messung des "wahren Höhenprofils" erfolgt mit Hilfe eines im Bereich der rechten Radspur angebrachten, 2 m langen Messbalkens mit vier Lasersensoren. Durch Filterung der ermittelten Werte werden Wellenlängen in einem Bereich zwischen 0,5 m und 50 m berücksichtigt.

Die Daten können ausgewertet werden nach verschiedenen Beurteilungskriterien (W- und S_w -Werte gemäss SN-Norm 640'520a, IRI, PSD etc.)

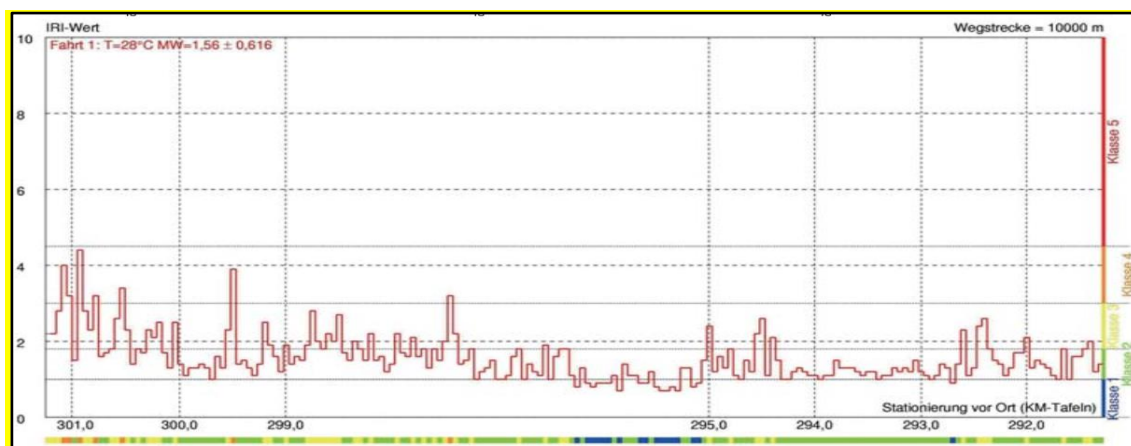


Abbildung 5.3: Auswertung Längsebenheit nach IRI-Werten, aufgenommen mit RoadSTAR

5.5.2 Theoretische Ansätze

Für die Bewertung der Längsebenheit von Verkehrsflächen existiert eine Vielzahl von Berechnungsmethoden:

- Die Schweizer Norm für Strassen (SN 640 520) eignet sich nicht unbedingt für Flugbetriebsflächen (erfasste nur Wellenlängen 7-8 m, ist damit für hohe Geschwindigkeiten nicht gut geeignet).
- Die Boeing-Methode: Wurde durch den gleichnamigen Flugzeughersteller entwickelt

- Der ICAO Annex 14 Vol. I beschreibt Anforderungen an die Ebenheit von Pisten. Für die Auswertung nach ICAO steht aber momentan noch kein Berechnungswerkzeug zur Verfügung. Ausserdem wird die ICAO-Methode im Moment diskutiert und wird allenfalls durch die Boeing-Berechnung ersetzt.
- Der International Roughness Index (IRI) wird international häufig für die Beurteilung der Längsebenheit auf Flugplätzen eingesetzt. Die erfasste Wellenlänge ist grösser als bei der Methode nach SN-Norm¹. Dadurch eignet sich der IRI-Wert gut für hohe Geschwindigkeiten.

5.5.3 Anforderungen für Flugplätze

Für Pisten wird im Allgemeinen ein IRI-Wert < 2.0 gefordert (vgl. Abbildung 5.4).

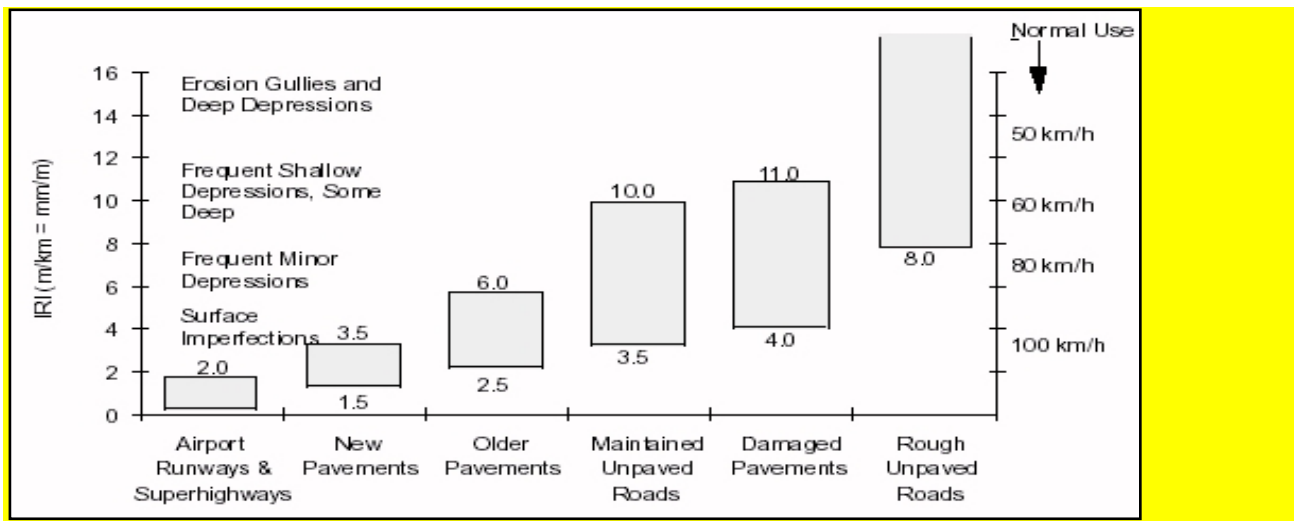


Abbildung 5.4: Einteilung IRI-Werte

5.5.4 Wertung der IRI-Werte

Bei der Beurteilung der Längsebenheit sollte berücksichtigt werden, dass es sich bei den Pisten und Rollwegen um bestehende, teilweise alte Flugbetriebsflächen handelt. Keinesfalls muss an alle Bereiche der gleiche Anspruch gestellt werden.

Bei der Interpretation sollte auch immer die Nutzung einbezogen werden. Zonen mit Langsamverkehr oder mit seltener Nutzung sind nicht gleich zu beurteilen wie die Aufsetzzonen auf den Pisten.

IRI-Wert < 2.0 genügen den Anforderungen auf Flugplätzen und sind gut (Beurteilung grün, sehr gut).

IRI-Werte zwischen 2.0 und 3.5 (gelb, Beurteilung: mittel) sind nicht kritisch und können für bestehende Flugbetriebsflächen problemlos akzeptiert werden (entspricht immer noch der Anforderung für neue Beläge auf Strassen).

Grosse Zonen mit IRI-Werten > 3.5 sollten auf der Piste nicht vorkommen. Einzelne Zonen insbesondere an den Pistenköpfen können aber toleriert werden, da die Flugzeuge dort keine hohen Geschwindigkeiten mehr aufweisen.

Für Redundanzpisten und Rollwege ist ein IRI-Wert bis 6.2 ausreichend. Das heisst, in diesen Bereichen dürfen auch orange Bereiche vorkommen. Zonen mit einer über längere Strecke sehr schlechten Längsebenheit (rot) sollten nicht vorkommen.

¹ Wellenlänge im IRI-Index gemäss Angabe R. Braber, Infralab SA: ca. 40m

5.5.5 Umfang

Längsebenheitsmessungen sollen auf den Pisten und auf den Hauptrollwegen durchgeführt werden.

5.5.6 Darstellung

Die IRI-Werte werden gemäss folgender Auflistung abgegrenzt:

0 – 0.86	sehr gut
0.87 – 1.96	gut
1.97 – 3.52	mittel
3.53 – 6.19	schlecht
> 6.19	sehr schlecht

A *Tabelle 5.15: Beurteilung IR-Werte*

Hinweis

Die Längsebenheit von mit Betonplatten befestigten Flugbetriebsflächen ist oft relativ schlecht. Grund dafür dürften die abrupten Winkeländerungen und Absätze zwischen den Betonplatten sein.

5.5.7 Kennzahlen Kostenschätzung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die zu erwartenden Kosten für die Durchführung von Griffigkeitsmessungen.

Es handelt sich um Preisspannen pro 1'000m² untersuchter Flugbetriebsfläche. Die Preise enthalten alle Kosten für Installation, Bereitstellung, Vorbereitung, Durchführung der Untersuchung und Auswertung / Dokumentation.

Die angegebenen Kosten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2001 – 2013 durchgeführt wurden.

Umfang / Grössenordnung	Preisspanne Fr. pro 1'000m ²
Kleine Flächen (< 40'000m ²)	100.- bis 170.-
Mittlere Flächen (40'000m ² – 100'000m ²)	70.- bis 110.-
Grosse Flächen (> 100'000m ²)	50.- bis 100.-

Tabelle 5.16: Kennzahlen, Kostenschätzung, Zustandsuntersuchung Längsebenheit

6 Planung und Realisierung

6.1 Allgemeine Angaben Flugbetriebsflächen

Die Zielwerte der Flugbetriebsflächen für die Luftwaffe sind die folgenden und gelten vor allem für die Einsatzflugplätze (Stand 2014: PAY, EMM, MEI):

Gefälls- und Ebenheitskriterien	Pisten	Rollstrassen, Plätze
Maximal zulässiges Quergefälle J_Q :	1.50 %	1.50 %
Maximal zulässiges Längsgefälle J_L :		
-im zentralen Bereich	1.25 %	1.50 %
-im ersten/letzten Pistenviertel	0.80 %	1.50 %
-im Durchschnitt ($[\Delta H_{\max}/H_{\min}] : L_{\text{Piste}}$)	1.00 %	1.50 %
Maximal zulässige Gefällsänderung ΔJ_L :	1.50 %	
Minimaler vertikaler Ausrundungsradius R_V :	30'000 m	3'000 m
Minimaler Abstand zwischen Gefällswechseln:	def. als Funktion	von R_V und ΔJ_L
L_{\min} Anrampungskeil am Übergang zu 4 cm Hocheinbau	24 m	
Längs- und Querebenheit:		
-Winkelwert W als Einzelwert	10 ‰	10 ‰
-Standardabw. der W-Werte über $L=250$ m	1.6 ‰	1.6 ‰
-Muldentiefe unter der 4 m - Latte	4 mm	4 mm

Tabelle 6.1: Zielwerte Flugbetriebsflächen

Die angegebenen Werte beziehen sich auf Pisten der Codezahl 3 und/oder 4 gemäss ICAO Annex 14, Vol. I sowie für Flugplätze der Code-Buchstaben C bis F.

Die Zielwerte für kleinere Flugplätze können aus der ICAO Annex 14, Vol. I entnommen werden.

Die oben aufgeführten Zielwerte werden auf den Flugplätzen der Luftwaffe in der Regel nicht angetroffen.

Die kontinuierlichen Sanierungen sollen sich mit der Zeit an die oben aufgeführten Sollwerte sukzessive annähern.

Die zu berücksichtigenden Normen für das Kapitel 6 sind im Anhang C aufgeführt.

6.2 Wartungsarbeiten

Grundvoraussetzung für die Gewährleistung einer optimalen Lebensdauer von Hartbelägen ist primär die einwandfreie und periodische Wartung. Dazu gehören Pistenreinigung, Unkrautbekämpfung, Instandhaltung aller Entwässerungsanlagen und dergleichen mehr, auf das nicht näher eingegangen wird.

Die Instandhaltung der Flugbetriebsflächen der Luftwaffe dient der Erhaltung der grösstmöglichen Betriebssicherheit.

Betonbeläge sind weniger unterhaltsfreundlich. Sie sollen nur noch dort erhalten werden, wo sie wegen besonderer Verhältnisse gerechtfertigt sind.

6.3 Neubau Pisten/Rollwege/Bereitstellungsplätze aus Belag

6.3.1 Planung

Allgemein

Zurzeit liegen verschiedene Berechnungsverfahren der PCN-Werte vor, wobei sich bislang keines dieser Verfahren durchgesetzt hat. Die ICAO lässt die Freiheit über die Wahl der Berechnungsverfahren der PCN-Werte. Für flexible Beläge ist folgendes Vorgehen zu wählen:

1. Angenäherte Berechnung: Ermittlung der PCN-Werte ausschliesslich aufgrund der Materialeigenschaften des Oberbaus auf Niveau Bauprojekt. (Siehe angenähertes Verfahren)
2. Optimierte Berechnung: Ermittlung der PCN-Werte aufgrund sowohl der Materialeigenschaften als auch der Flugbewegungen auf Niveau Bauprojekt.
3. Rationelle Berechnung: Ermittlung der PCN-Werte aufgrund sowohl der Materialeigenschaften als auch der Flugbewegungen auf Niveau Ausführungsprojekt. (Siehe rationelles Verfahren)

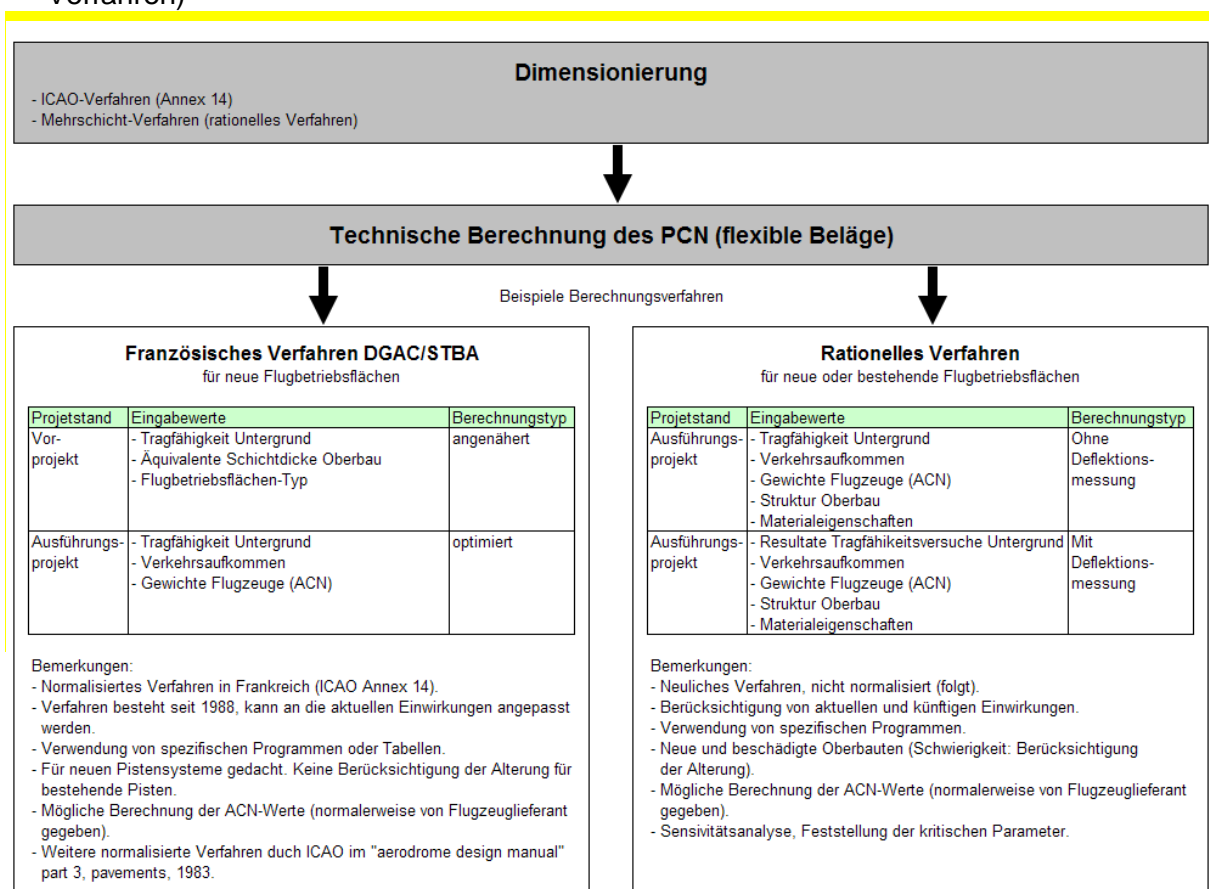


Abbildung 6.1: Berechnungsverfahren PCN-Werte

Die Dimensionierungsberechnungen sind auf jeden Fall durch einen Spezialisten durchführen zu lassen, da die Sensitivität der Berechnungsannahmen sehr heikel ist und zu einer weiten Streuung der Resultate führen kann. Die nachfolgenden Berechnungen sollen lediglich ein jeweiliges Beispiel aufzeigen.

Grundlagenwerte

Dimensionierungsgrundlagen:

Für das Berechnungsverfahren werden folgende Annahmen getroffen:

- Flexibler Belag
- Neubau oder Komplettersatz
- Tragfähigkeit Unterbau: CBR = 6, CBR = 10 und CBR = 14
- Nur für Pistenflächen mit Gewichtungskoeffizient 0.8 (also keine Rollwege oder Abstellflächen)
- Berechnung für PCN = 25, PCN = 45, PCN = 60

Angenähertes PCN-Verfahren

Dieses Verfahren ist nur für Pisten gültig und soll nicht für Rollwege und Abstellplätze verwendet werden.

Es erfordert die Kenntnis des CBR-Wertes des Unterbaus, der äquivalenten Schichtdicke des Oberbaus und der Festlegung der RSI¹. Die Bestimmung des Oberbaus für die oben festgelegten PCN-Werte befindet sich in nachfolgender Tabelle:

CBR	Äquivalente Schichtdicke	RSI [to]	PCN
6	53	15.7	25
6	71	28.1	45
6	82	37.5	60
10	39	15.6	25
10	52.5	28.2	45
10	60.5	37.4	60
14	31	14.9	25
14	41.5	26.7	45
14	48	35.7	60

Tabelle 6.2: Bestimmung Oberbau

Bemerkung: CBR=6 → H(CBR)=1.6, CBR=10 → H(CBR)=1.6, CBR=14 → H(CBR)=1.7

Aus der erforderlichen äquivalenten Schichtdicke lassen sich die effektiven Schichtdicken der Materialien gemäss den Strukturwerten der nachfolgenden Tabelle² bestimmen. Die äquivalente Schichtdicke entspricht der Summe jener Schichtdicke in cm gewichtet mit dessen Äquivalenzkoeffizienten.

Neue Materialien	Strukturwerte
Bituminöser Belag	2
Bituminös gebundenes Kies	1.5
Hydraulisch gebundenes Kies	1.5
Gebrochenes Kies, sauber abgestuft	1
Rundkies	0.75
Sand	0.5

Tabelle 6.3: Bestimmung Strukturwerte

¹ Belastung auf einem einfachen, alleine stehendem Rad mit 0.6 MPa Druck (Eigenschaft der Tragfähigkeit des Oberbaus).

² Siehe auch DGAC-STBA. Dimensionnement des chaussées: volume I. 1983.

Wird der Belag um einen Centimeter erhöht, hat dies einen direkten Einfluss auf den PCN-Wert. Die Erhöhung des PCN-Wertes ist abhängig von der Tragfähigkeit des Unterbaus (kleinere Erhöhung des PCN-Wertes bei schlechterem Unterbau) und des betrachteten Pistenabschnitts.

Die Resultate der angenäherten PCN-Berechnung liefern eine kohärente Abschätzung für einen Neubau für die Bauprojektphase. Zur Erarbeitung des Ausführungsprojekts wird das optimierte Verfahren oder das rationelle Verfahren empfohlen.

Rationelles Verfahren

Für dieses Berechnungsverfahren werden zwei massgebende Flugplätze der Luftwaffe als Beispiel beigezogen (Payerne und Emmen):

Beispiel	Gesamtverkehr [Bewegungen/Jahr]	F/A-18 [Bewegungen/Jahr]	F5-Tiger [Bewegungen/Jahr]
T1 (Typ PAY)	3'000	2'400 (80 %)	600 (20 %)
T2 (Typ EMM)	3'000	600 (20 %)	2'400 (80 %)

Tabelle 6.4: Beispiele Flugbewegungen

Der gewählte Oberbau ist in der nachfolgenden Tabelle beschrieben. Die Tragschicht (ACT) wird hier als Variable gehalten, damit die Dimensionierung den vorgesehenen Flugbewegungen über die Lebensdauer eines Belages (20 Jahre) standhalten kann.

Material	Schichtdicke [cm]	E-Modul, Steifigkeit [MPa]
Deckschicht AC11S	3	5'400
Binderschicht ACB16S	5	5'400
Tragschicht ACT22S	Variable	9'300
Fundationsschicht Kiessand	30=20+10 (2-schichtig)	150 / 360 (2x Planie)
Unterbau	-	50 (CBR=10)

Tabelle 6.5: Aufbau Oberbau bei optimierter PCN-Berechnung. Werte unter Bedingungen 15°C und 10 Hz

Die Variable der Tragschicht ACT22S kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Beispiel	Schichtdicke ACT [cm]	Gesamtdicke Belag [cm]	RSE _R [to] 1.25 MPa	PCN
T1 (PAY)	8	16	11.18	23
T2 (EMM)	6	14	11.25	23

Tabelle 6.6: Variablen der Tragschicht

PCN-Berechnung von bestehenden Belägen

Die PCN-Berechnung von bestehenden Belägen ist wesentlich komplexer als jene von neuen Belägen, da der Alterungszustand des Oberbaus berücksichtigt werden muss (Beschädigungszustand der verschiedenen Materialien). Aus diesem Grund sind hierfür Deflektionsmessungen und Sondagebohrungen zur Bestimmung der Oberbaustruktur unabdingbar.

Mit diesen Werten kann nach der rationellen Berechnung ein PCN-Wert ermittelt und eine allfällige Belagsverstärkung bestimmt werden.

6.3.2 Realisierung

Die Realisierung von Neubauten stützt sich auf die einschlägigen Strassenbaunormen (VSS-Normen).

Die Erfolgskontrolle der umgesetzten Massnahmen hat sich nach dem verfolgten Ziel der Massnahme zu richten. Für Neubauten sind entsprechend dem Kapitel 5 folgende Messungen durchzuführen:

- Tragfähigkeitsuntersuchung (gem. Kapitel 5.3)
- Griffigkeit (gem. Kapitel 5.4)
- Dokumentationen über eingebaute Beläge (Prüfberichte, Bohrkernanalysen, Qualitätsbeurteilungen, Einbauprotokolle, Lieferscheine etc.)

6.4 Sanierung Belagsflächen

6.4.1 Planung

Mit den finanziellen Mitteln muss haushälterisch umgegangen werden. Die Sanierungen sollen sukzessive und im normalen Turnus der Oberflächenerneuerungen (Erreichung der Lebensdauer) die Tragfähigkeit verbessern und so zum Sollwert von PCN = 45 hin streben.

Die auszuführende Sanierungsmassnahme ergibt sich aus der Überlagerung der folgenden Kriterien:

- Belastung der Flugbetriebsfläche
- Oberflächenbeschaffenheit
- Tragfähigkeit
- Griffigkeit
- Längsebenheit
- Bohrkern
- Quergefälle

Für die Flugbetriebsflächen sind je nach Zustand des Oberbaues zwei Sanierungsvarianten möglich:

- Ein Hocheinbau gelangt zur Anwendung, wenn die Piste vor der Sanierung bereits für die Luftfahrzeuge der LW genügende PCN-Werte aufweist, also PCN-Werte über 25.
- Ein Tiefeinbau kann vorgesehen werden, wenn der Mittlere PCN-Wert eines Abschnittes unter 25 liegt.

Allgemein kann als Faustregel angenommen werden, dass ein Auftrag von 1 cm Belag eine Erhöhung des PCN-Wertes von 2 entspricht.

Im Grundsatz wird im Hoch- und Tiefeinbau beim Belagsaufbau an der bisherigen Philosophie festgehalten. In Ausnahmefällen wie zum Beispiel bei Flächen, welche von Grossflugzeugen belastet werden, kann die Verwendung von polymermodifizierten Belägen geprüft werden. Falls diese eingesetzt werden, müssen klare Vorteile gegenüber klassischen Belägen vorliegen.

Neubau

Siehe Kapitel 6.3.

Hocheinbau

Bei jeder Deckbelagssanierung muss versucht werden, die Nivellette anzuheben, sowohl um das Quergefälle zu verbessern als auch um den PCN-Wert zu steigern. Dies bedingt immer eine vorgängige Rasteraufnahme der Pistenflächen.

Die Nivellette kann damit in den 7 massgebenden Längsachsen minuziös projiziert und angepasst werden. Mit diesem Konzept wird auf die Dauer die Tragfähigkeit gleichmässig erhöht.

In Bereichen, in welchen immer wieder Risse auftreten (z.B. in Pistenachse, bei Übergängen Pisten zu Rollwege etc.) kann mit einer zusätzlichen Belagsarmierung zwischen Schiftung und altem Belag eine Verbesserung erzielt werden.

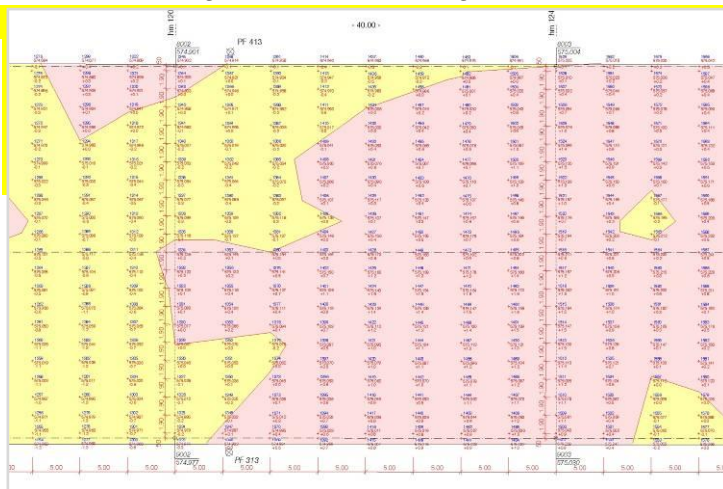


Abbildung 6.2: Situation Fräs- und Schiftplan, Rot = Schiftung, Gelb = Fräsung

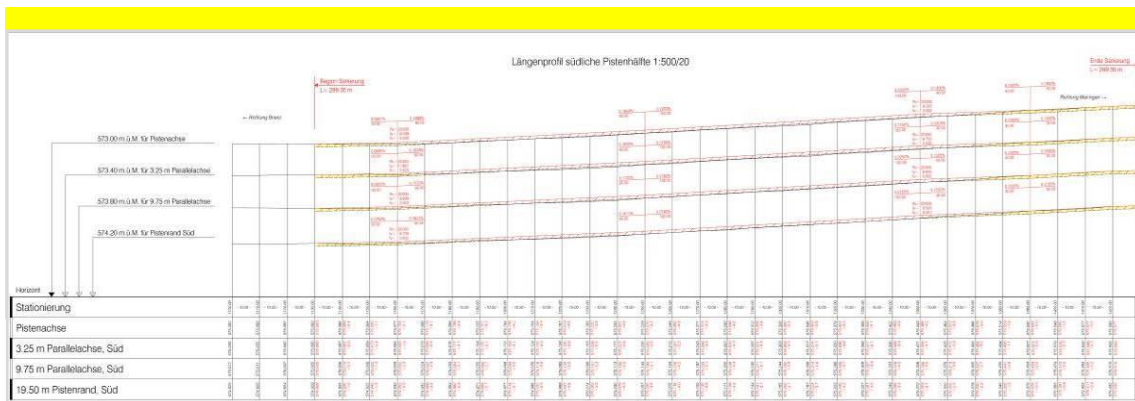


Abbildung 6.3: Längenprofil für eine Pistenhälfte 20 m
(Längenprofil Pistenachse, Pistenrand, 2x im Drittelpunkt).

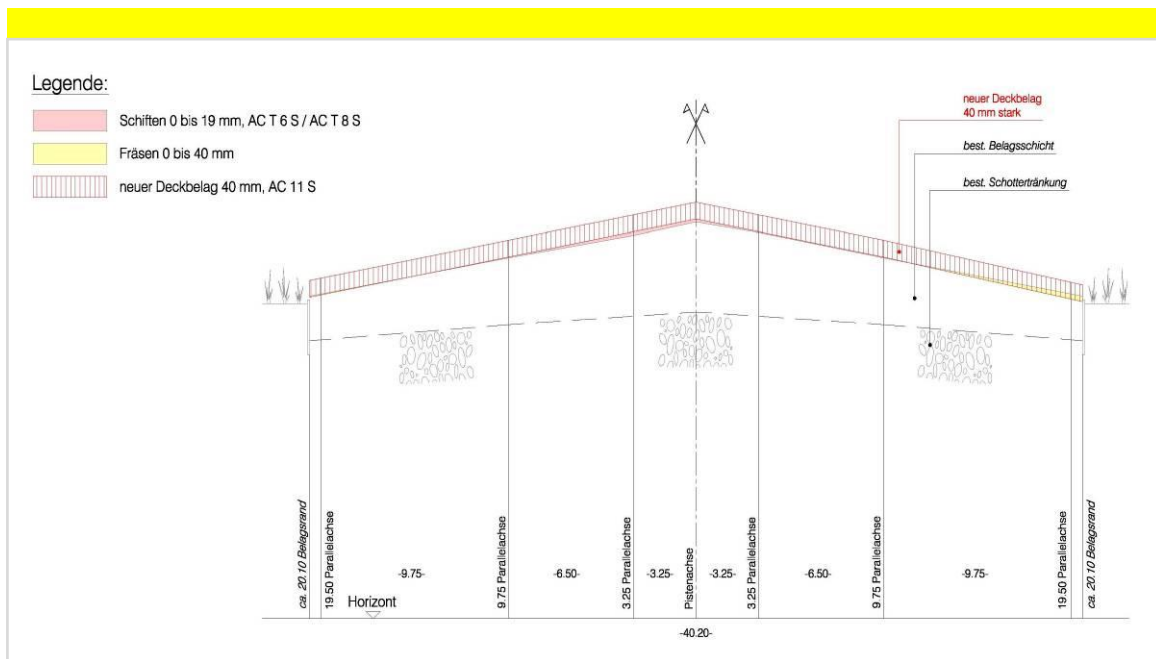


Abbildung 6.4: Normalprofil

Tiefenbau

Bei den Übergängen zu den anschliessenden bestehenden Pistenabschnitten ist zu beachten, dass Diskontinuitäten im Oberbau vermieden werden. Dafür soll im Übergangsbereich an die Betonplatten oder an die angrenzende Piste der Tiefenbau kontinuierlich auf die bestehende Belagshöhe angehoben werden.

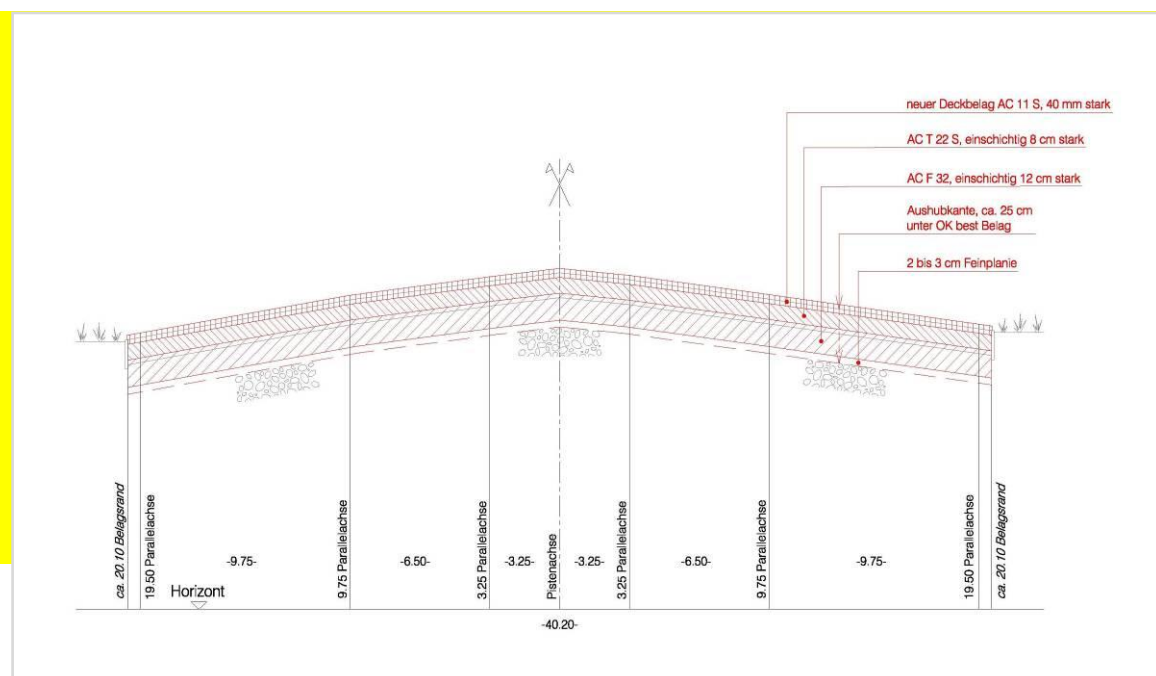


Abbildung 6.5: Normalprofil

Besonderes

Die alten Beläge besitzen hohe PAK-Werte und sollten deshalb, wenn immer möglich, nicht angetastet werden, da hier sehr hohe Deponiegebühren anfallen.

Der geschichtlich bedingte Pistenaufbau weist meist als unterste Schicht eine Schottertränkung auf. In dieser Schicht sind die PAK-Werte speziell hoch.

6.4.2 Realisierung

Hocheinbau

1. Fräsen best. Markierungen und dergleichen.
2. Belagsarmierung: falls die bestehende Oberfläche Risse aufweist.
3. Haftvermittler auftragen.
4. Schiftung: Belagsrezeptur AC6S bis AC8S, Dicke variabel.
5. Deckschicht: Belagsrezeptur AC11S, B70/100, 100% gebrochenes Material, Dicke üblicherweise 40 mm.
6. Markierungen applizieren.
7. Griffigkeitsmessungen durchführen.

Arbeitsabfolge Hocheinbau:

Der Hocheinbau soll sich folgendem Ablauf richten:



Foto 6.1: Schiftung



Foto 6.2: Haftvermittler, Belagsarmierung



Foto 6.3: Korrekturfräsung auf -4 cm



Foto 6.4: Deckbelagseinbau 4 cm

Besonderes Hocheinbau:

Bei einem Hocheinbau lohnt es sich nicht, diese Randsteine auf die neue Kote anzuheben. Der Belag wird am Pistenrand angeschrägt.

Die Erfolgskontrolle der umgesetzten Massnahmen hat sich nach dem verfolgten Ziel der Massnahme zu richten. Für Hocheinbau sind entsprechend dem Kapitel 5 folgende Messungen durchzuführen:

- Griffigkeit (gem. Kapitel 5.4)
- Dokumentationen über eingebaute Beläge (Prüfberichte, Bohrkernanalysen, Qualitätsbeurteilungen, Einbauprotokolle, Lieferscheine etc.)

Tiefereinbau

1. Abfräsen Deck- und Tragschicht, Dicke ca. 100 mm.
2. Abfräsen Kiessandkoffer, Dicke ca. 150 mm.
3. Feinplanie, Dicke 20 bis 30 mm.
4. Heissmischfundationsschicht: Rezeptur ACF32, Dicke 120 mm, einschichtig.
5. Tragschicht: Belagsrezeptur ACT22S, Dicke 90 mm, einschichtig.
6. Deckschicht: Belagsrezeptur AC11S, B70/100, 100% gebrochenes Material, Dicke üblicherweise 40 mm.
7. Markierungen applizieren.
8. Griffigkeitsmessungen durchführen.

Arbeitsabfolge Tiefereinbau:



Foto 6.5: Abfräsen Deck- und Tragschicht



Foto 6.6: Einbau Heissmischfundationsschicht



Foto 6.7: Einbau Deckschicht

Die Erfolgskontrolle der umgesetzten Massnahmen hat sich nach dem verfolgten Ziel der Massnahme zu richten. Für Tiefeinbau sind entsprechend dem Kapitel 5 folgende Messungen durchzuführen:

- Tragfähigkeitsuntersuchung (gem. Kapitel 5.3)
- Griffigkeit (gem. Kapitel 5.4)
- Dokumentationen über eingebaute Beläge (Prüfberichte, Bohrkernanalysen, Qualitätsbeurteilungen, Einbauprotokolle, Lieferscheine etc.)

6.4.3 Kennzahlen/Kostenschätzung

Bedingungen

- Sämtliche Beträge exkl. MWST
- Preisstand 2012
- Richtwerte ohne Anpassung Schächte, Markierungen, Zuschlag Nacharbeiten

Richtwerte (ideale Ausführungsbedingungen)

• Hocheinbau (Installation, Schiften, Fräsen, Deckbelag)	Fr./m ²	35.00
• Tiefeinbau (Installation, Abfräsen, Planie, Heissmischfundationsschicht, Tragschicht, Deckbelag)	Fr./m ²	95.00

6.4.4 Terrainanpassungen an Flugbetriebsflächen

Prinzipiell sind die Randsteine anzuheben, damit diese der neuen Belagsoberkante entsprechen. Als Folge daraus ist ebenfalls eine Anpassung des Terrains an die neue Höhenlage der Randsteine erforderlich. Diese Terrainanpassungen weisen ein maximales Gefälle von 5 % und weisen keine abrupten Kanten auf.

6.5 Betonplatten

6.5.1 Planung

Allgemeine Bemerkungen

Solange sich Betonplatten mit vernünftigem Unterhaltsaufwand instand halten lassen, werden sie als solche erhalten. Sobald die Unterhaltsprobleme mit vernünftigem Aufwand nicht mehr zufriedenstellend zu beherrschen sind, ist abzuklären und festzulegen, ob Verhältnisse vorliegen, die einen Umbau erfordern:

- Trifft dies zu, so sind nicht mehr reparierbare Betonplatten durch neue zu ersetzen. Vermörtelungsbeläge sind rückzubauen und durch Betonplatten-Beläge zu ersetzen.
- Trifft dies nicht zu, so sind Unterhaltsprojekte auszuarbeiten.

Sanierung Oberfläche Betonplatten

Bereiche	Details/Beschreibung
Anwendungsbereich	Dient der Verzögerung des wachsenden Schadens. Gestattet, mit grossflächigen Instandsetzungsmassnahmen einige Zeit zuzuwarten. Reparatur örtlicher Schäden als in sich abgeschlossene Massnahme.
Beschreibung	Reparatur von Oberflächenschäden, Sanierung von Rissen und Kantenschäden von Fugen.
Bemerkungen	Die Sanierung von Betonplatten ist sehr heikel. Aus der langfristigen Erfahrung haben sich zwei Sanierungsprodukte bewährt (siehe Anhang D). Begründung: Die Beanspruchung der Flugbetriebsflächen der Luftwaffe unterscheidet sich von derjenigen von zivilen Strassen. Auch die kostenintensivsten Reprofilierungsprodukte haben sich bisher nur als extrem kurzlebige "Kosmetik" entpuppt.

Für die längerfristig befriedigende Wiederinstandsetzung von abgearbeiteten Betonplatten-Rändern / -Kanten / -Fugen ist auf den Flugbetriebsflächen keine andere Baumethode als der Ersatz der ganzen betroffenen Betonplatten in voller Stärke (oder von erheblichen Teilflächen davon) geeignet. Solche Eingriffe sind jedoch nur gerechtfertigt, wenn sie in einem vernünftigen Verhältnis zum anstehenden Problem stehen.

Abgearbeitete Betonplatten-Kanten sind auf Flugbetriebsflächen aber nur so lange als Schaden zu akzeptieren, als der Flugbetrieb nicht durch unkontrollierbare Materialablösungen gefährdet wird.

Sanierung Fugen Betonplatten

Bereiche	Details/Beschreibung
Anwendungsbereich	Erneuerung / Erstellung der Fugendichtung (Fugenverguss) <ul style="list-style-type: none"> - der Fugen im Betonplatten-Belag. - der Anschlussfugen zwischen Beton- und Asphaltbeton-Belag. Im Detail sind dies: <ul style="list-style-type: none"> - Fugen jeder Art (Schwind- und Dilatationsfugen oder Risse in Betonplatten-Belägen / Nahtstellen zwischen verschiedenen Belagsarten / etc.). - Schutz der Unterlage gegen eindringendes Oberflächenwasser. - Verhinderung von zu befürchtenden oder bereits vermuteten Tragfähigkeitsverlusten des Unterbaus (Anzeichen: Beförderung von Feinanteilen des Unterbaus an die Oberfläche bei Befahrung bei nassem Wetter / bereits gerissene Platten-Ecken oder Plattenkanten). - Verhinderung von Pflanzenbewuchs der Fuge.

Empfohlenes
Fugenverguss-
Material

Für Plattenfugen bis ca. 2 cm (nicht kunststoffmodifiziert):

Harte, jedoch nicht kunststoffmodifizierte Heissbitumen-Vergussmasse. Anwendung als in sich abgeschlossene Massnahme zur Fugenfüllung und/oder Fugendichtung.

Für Fugen grösser 2 cm (kunststoffmodifiziert):

- Spezielle, hochwertige Polymerbitumen-Heissvergussmasse (z.B. Thormaflex, Oberfläche schwarz, mit Quarzsand dauerhaft grau abstreubar oder gleichwertig).
- Spezielle, mit Eisengranulat versetzte Verfüllmassen auf Zementbasis, ockerfarben bis braun-rot "korrodierend" (z.B. MBT Mastertop 230 oder MBT Masterpatch 411A je nach Schichtdicke der Anwendung, oder gleichwertig).

Als Massnahme zur abschliessenden Fugenfüllung und/oder Fugendichtung, wo keine absehbare Option auf den späteren Hocheinbau eines Asphaltbeton-Belages besteht und höchste Qualität und Dauerhaftigkeit verlangt sind.

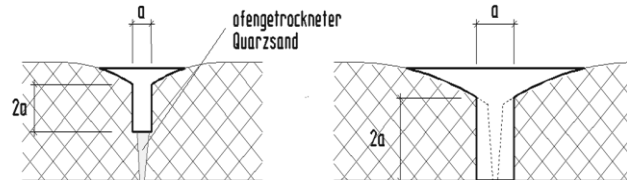
Beschreibung

Erstellen des fehlenden und erneuern des undichten Fugenfüllstoffes.

- Entfernen der allenfalls noch vorhandenen spröden Verguss oder Dichtungsmasse.
- Nachfräsen (nach Bedarf) und Abfassen der Fugenflanken (allenfalls vorhandene Eternit-Trennlage: Vorschriftsgemäss abarbeiten [einschlägige Vorschriften für Rückbau und Entsorgung von asbesthaltigen Stoffen strikte befolgen]).
- Fuge mit Hochdruck-Wasserstrahl entstauben, reinigen und völlig austrocknen lassen.
- Voranstrich der Fugenflanken mit einem Primer, der auf die Verguss- oder Dichtungsmasse abgestimmt ist.
- Verfüllen/Dichten der Fuge und der weiter reichenden Plattenkanten-Ausrundungen mit Heissbitumen Fugenverguss-Material (reines, hartes Bitumen, nicht kunststoffmodifiziert, da sich jenes mit der Zeit zu Klumpen zusammenzieht). Bei viel Fugenmasse ofengetrockneter (wegen Blasenbildung und schlechter Haftung keine Feuchtigkeit erlaubt), nicht bitumenumhüllter Splitt als Stützkorn in den Fugenverguss begeben (mögliche Alternative: Asphaltbeton-Belagsmischgut AC6). Für Heissbitumenverguss optimaler Verfüllungs-Querschnitt der aufbereiteten Fuge:
- 2 x so tief als breit (bei Bedarf ofengetrockneten Quarzsand resp. Glasfaservlies-Polster als "untere

Schalung“ auf richtige Höhe einfüllen / einstopfen).

- Weiter reichende Ausrundungen von Plattenkanten bestehen lassen (nicht rückarbeiten).
- Oberfläche bezüglich OK Beton um 1 cm zurückstehen lassen (Überschuss abstossen).



- Verfüllen/Dichten der Fuge und der weiter reichenden Plattenkanten-Ausrundungen mit speziellen, hochwertigen Polymerbitumen- Heissvergussmassen oder speziellen Verfüllmassen auf Zementbasis, gemäss Angaben der Lieferanten. Für Spezialvergussmaterialien nötiger Verfüllungs-Querschnitt der aufbereiteten Fuge:



- Verfüllmaterial-Ränder nicht auf null auslaufen lassen!
- Wo kein Gabelstaplerbetrieb: Oberfläche gegenüber OK Betonplatte immer um ca. 1 cm zurückstehen lassen.
- Bei Verfüllmassen auf Zementbasis (starr), geeignete Trennlage mit einbauen und mit vergiessen, oder sofort nach Abbinden einen Fugen-Trennschnitt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Tiefe ausführen (evtl. bituminös verfüllen).

Hochwertige Polymerbitumen- Heissvergussmassen müssen in jedem Fall den Anforderungen der Richtlinie 2005 des ASTRA genügen.

Aus Erfahrung haben sich folgende Sanierungsmassnahmen nicht bewährt:

- Jede Art von oberflächlicher Reprofilierung von Betonkanten mit zementgebundenen oder kunststoffmodifizierten Feinbeton oder Spezialmörteln in Kleinmengen.
- Reparatur von schadhafte Betonkanten mittels Abtrag von Beton in dünnen Schichtstärken und Auftrag von "Spezial"- Produkten.

Begründung: Obwohl in den SN-Normen vorgesehen, muss auf Flugbetriebsflächen auf Grund aller bisherigen Erfahrungen dringend davon abgeraten werden. Die Reprofilierungsprodukte haben sich bisher nur als extrem kurzlebige "Kosmetik" entpuppt.

Bemerkungen

Für die längerfristig befriedigende Wiederinstandsetzung von abgearbeiteten Betonplatten-Rändern / -Kanten / -Fugen ist auf den Flugbetriebsflächen keine andere Baumethode als der Ersatz der ganzen betroffenen Betonplatten in voller Stärke (oder von erheblichen Teilflächen davon) geeignet. Solche Eingriffe sind jedoch nur gerechtfertigt, wenn sie in einem vernünftigen Verhältnis zum anstehenden Problem stehen.

Abgearbeitete Betonplatten-Kanten sind auf Flugbetriebsflächen aber nur so lange als Schaden zu akzeptieren, als der Flugbetrieb nicht durch unkontrollierbare Materialablösungen gefährdet wird.

Ersatz von Betonplatten

Bereiche	Details/Beschreibung
Anwendungsbereich	Ersatz von zerstörten Platten und Plattenteilen durch neue Betonplatten, zur Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes unter Einbezug der Erhaltung der horizontalen Kraftübertragung von Platte zu Platte (als in sich abgeschlossene Massnahme zur Instandsetzung der Belagsoberfläche).
Beschreibung	<p>Abbrechen von zerstörten zementösen Platten und Plattenteilen und Ersatz durch Beton auf volle Plattendicke.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trennschnitt um die abzubrechende Teilfläche. - Abbruch des schadhafte Belags. - Nach Bedarf: Zementstabilisierung (mixed in place) des obersten Teils der alten Foundationsschicht, als optimale Massnahme gegen das "Pumpen". - Nach Bedarf: Auspacken der Foundationsschicht und ersetzen durch zementstabilisierten Oberbau (mixed in plant), ACF oder ACT. - Nachverdichten der Foundationsschicht. - Erstellen der Planie. - Bohren von Löchern und Versetzen von Dübeln. - Betonbelags-Einbau auf volle Stärke (keine spitzen Winkel erstellen, da diese abbrechen!). - Besenstrich. - Fugen-Fräs- und -Dichtungsarbeit. - Nachbehandlung (Verdunstungsschutz/Thermomatte).
Bemerkungen	<p>Der Ersatz von zerstörten Platten und Plattenteilen durch Asphaltbeton- Belagsmischgut ist höchstens als kurzzeitiges Provisorium mit ACF / ACT / AC denkbar.</p> <p>Begründung: Führt wegen der duktilen Verformbarkeit zu Belagsstauchungen, den sogenannten "blow-ups" (Nicht-Erhaltung der horizontalen Kraftübertragung von Platte zu Platte).</p>

6.5.2 Realisierung

Sanierung Oberfläche Betonplatten

Für die Sanierung der Oberflächen der Betonplatten haben sich folgende zwei Produkte gemäss Anhang D bewährt.



Foto 6.8: Applizierung Gussmasse



Foto 6.9: Auftrag Streumittel



Foto 6.10: Fertig sanierte Betonplatten

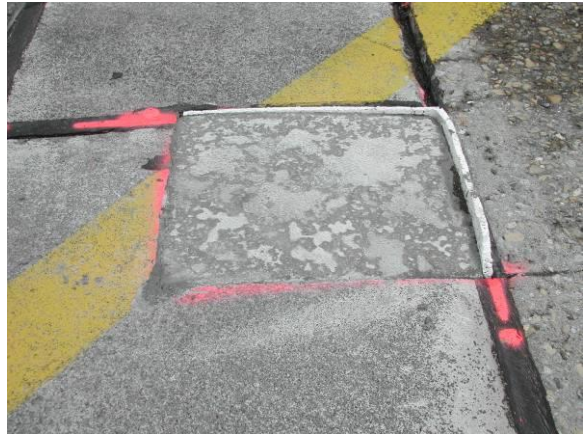


Foto 6.11: Sanierung Kante Betonplatte



Foto 6.12: Sanierung Fuge

Bemerkungen:

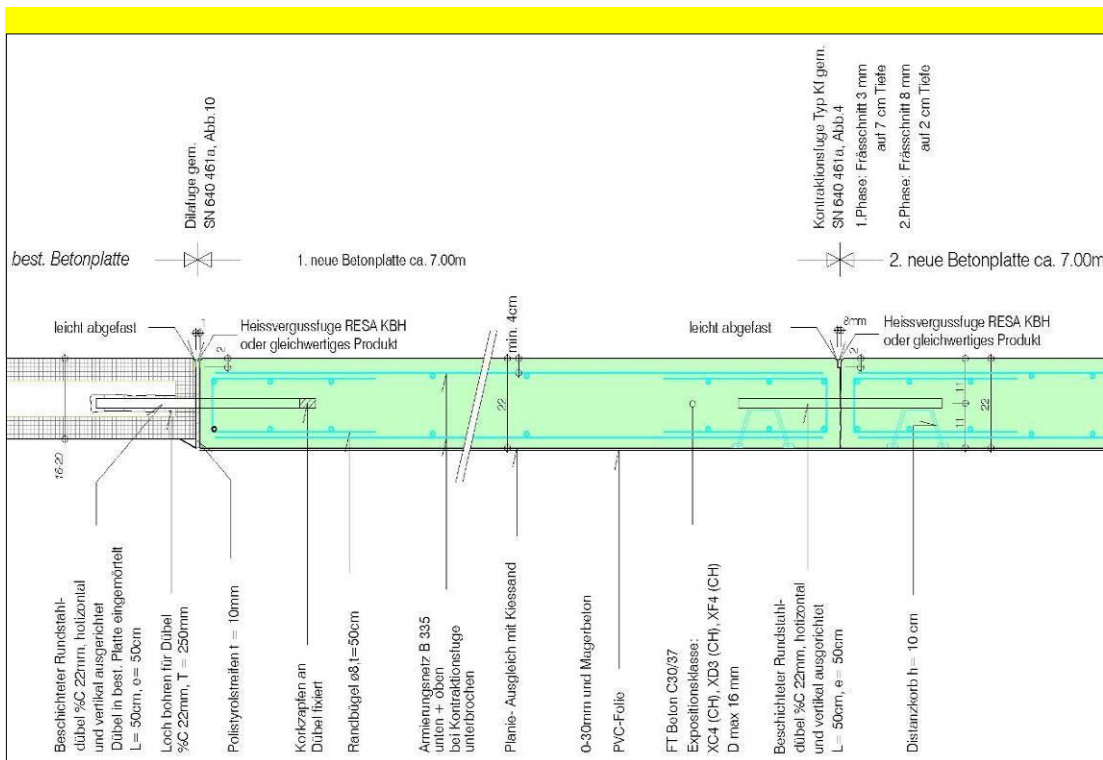
Bei der Applizierung der Beschichtungen ist darauf zu achten, dass diese nicht über die Kante oder bündig mit dieser ist (besser einige mm hinter Kante bleiben). Andernfalls kann die Beschichtung rückschreitend, d.h. einige cm hinter der Kante aufbrechen.

Sanierung Fugen Betonplatten

Für die Sanierung oder den Neubau von Fugen kann das Produkt gemäss Anhang D empfohlen werden.

Ersatz Betonplatten

Die Ausführung von Betonplatten ist wie folgt zu wählen:



Bemerkungen:

Der erste Frässchnitt (7 cm tief) hat innerhalb 24 h nach dem Betonieren zu erfolgen.

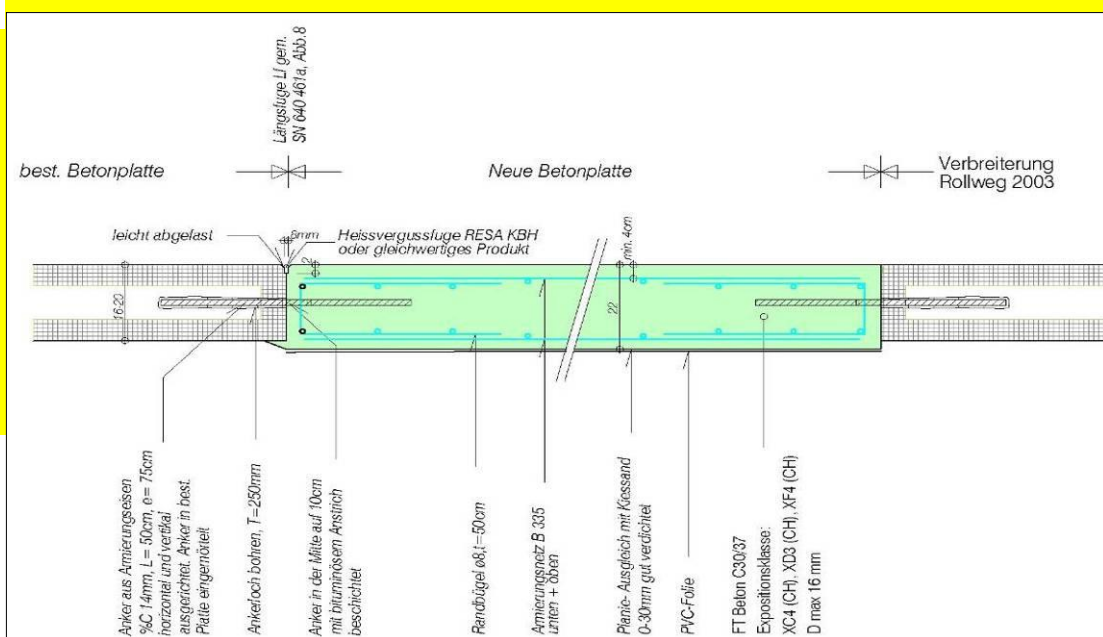


Abbildung 6.7: Ersatz von Betonplatten



Foto 6.13: Querkraftdorne, Armierung



Foto 6.14: Einbau Beton



Foto 6.15: Oberflächenstrukturierung

Die Erfolgskontrolle der umgesetzten Massnahmen hat sich nach dem verfolgten Ziel der Massnahme zu richten. Für grossflächigeren Ersatz von Betonplatten sind entsprechend dem Kapitel 5 folgende Messungen durchzuführen:

- Tragfähigkeitsuntersuchung (gem. Kapitel 5.3)
- Dokumentationen über den eingebauten Beton

6.5.3 Kennzahlen/Kostenschätzung

Bedingungen

- Sämtliche Beträge exkl. MWST.
- Preisstand 2010.
- Richtwerte ohne Installation, Fugenverguss, Zuschlag Nachtarbeiten.

Richtwerte (ideale Ausführungsbedingungen)

• Sanierung Oberfläche Betonplatten	Fr./m ²	160.00
• Sanierung Fugen Betonplatten	Fr./m ¹	45.00
• Ersatz Betonplatten 7.00 x 5.00 m	Fr./St	10'000.00
	Fr./m ²	290.00

Die Kosten für die Sanierung der Fugenkanten sind schwer abschätzbar und abhängig von vorgefundenem Schadensbild.

6.6 Entwässerung

6.6.1 Allgemein

Bei der Ausführung von Entwässerungssystemen der Flugbetriebsflächen sind die konzeptionellen Überlegungen des generellen Entwässerungskonzepts (GEP) zu übernehmen.

Prinzipiell wäre eine Entwässerung über die Schulter (also über eine humusierte Schicht) anzustreben. Hier sind ebenfalls die Vorgaben des GEPs einzuhalten.

6.6.2 Planung

Die Flugbetriebsflächen werden mit besonders hohen Radlasten befahren. Deshalb müssen die Schachtabdeckungen die Klasse F900 aufweisen.

Da anzunehmen ist, dass die Schächte am Pisten- und Rollwegrand selten direkt überrollt werden, sind die Schachtabdeckungen mit Klasse D400 (früher 10 t Radlast) auszuführen.

6.6.3 Realisierung

Entsprechend der VSS-Norm.

6.6.4 Kennzahlen/Kostenschätzung

Die Kosten für die gewählten Schachtabdeckungen und Rinnen sind sehr unterschiedlich. Deshalb wird hier auf eine Angabe eines Richtpreises verzichtet.

6.7 Einbaufeuern/Randfeuer

6.7.1 Lage generell

Die Lage der Einbaufeuern in der Hauptpiste ist abhängig von verschiedenen Faktoren des definierten Landeanfluges jedes einzelnen Flugplatzes. Die Einbaufeuern müssen ihre Lage deshalb bewahren.

Lagen im Pistenkopf

Jeder Pistenkopf ist mit Einbaufeuern ähnlich ausgestattet (einige hundert Meter vor der Schwelle bis Ende Auffangzone). Dabei treten zurzeit zwei Ausführungstypen einer spezialisierten Firma (siehe Anhang D) zur Anwendung: Es zeichnet sich ab, dass neue Produkte auf den Markt kommen. Die angewendeten Grundsätze haben nach wie vor Gültigkeit.



Foto 6.16: Einbauf Feuer kurz,
Rahmenlänge 90cm



Foto 6.17: Einbauf Feuer lang,
Rahmenlänge 155 cm

Vertikale Positionierung

Infolge der Schneeräumung, welche auf den Militärflugplätzen "schwarz" erfolgt, dürfen die Einbauf Feuer nicht aus der Oberfläche hinausragen. Andernfalls werden diese durch die Schneepflüge beschädigt. Die Einsetzung von bombierten, runden Einbauf Feuern (z.B. Typ IL 42) ist deshalb auf allen Flugbetriebsflächen explizit nicht erlaubt.

Ver- und Entsorgung Feuer

Die Einbauf Feuer werden mit einer Kabelschutzrohrleitung (KSR) zur elektrischen Versorgung erschlossen (Licht und Heizung). Eine Entwässerung des Einbauf Feuers ist vorzusehen, da sich das anfallende Wasser auf der Rillenplatte unter dem Lichtkörper sammelt und abgeführt werden muss.

6.7.2 Realisierung

Vorfabrikation

Die Lieferung der Einbauf Feuer-Rahmen, der Rillenplatte und des Feuers erfolgt durch eine spezialisierte Firma (siehe Anhang D). Der Rahmen muss in einen Betonsockel integriert werden. Die Montage der Rillenplatte und des Feuers erfolgt nach dem Belageseinbau, um damit Schäden zu verhindern und den Reinigungsaufwand zu minimieren.

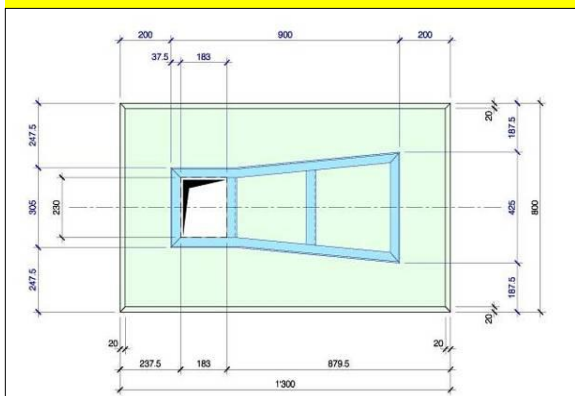


Abbildung 6.8: Grundriss Typ IL 20

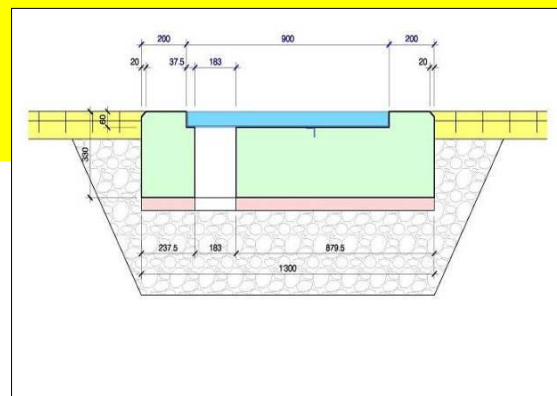


Abbildung 6.9: Schnitt Typ IL 20



Foto 6.18: Vorfabrizierte Betonsockel Typ IL 20

Elektrische Versorgung

Die elektrische Versorgung des Einbaufeuers erfolgt mittels Kabelschutzrohrleitung über die Aussparung im Betonsockel (Beispiel siehe Foto).



Foto 6.19: KSR-Anschluss zur Aussparung im Betonsockel

Entwässerung

Die anfallende Wassermenge über die Rillenplatte ist gering. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte keine separate Entwässerung gebaut werden. Empfohlen wird daher, den Betonsockel auf ein Sickerbetonbett zu legen.



Foto 6.20: Sickerbetonbett

Ausführung in Betonplatten



Foto 6.21: Typ Einbaufeuer kurz (z.B. IL 20)



Foto 6.22: Typ Einbaufeuer lang (z.B. IL 20)

Ausführung im Belag



Foto 6.23: Typ Einbaufeuer kurz (z.B. IL 20)



Foto 6.24: Typ Einbaufeuer lang (z.B. IL 20)

6.7.3 Kennzahlen/Kostenschätzung

Bedingungen

- Sämtliche Beträge exkl. MWST.
- Preisstand 2011.
- Richtwerte ohne Installation, Aufbruch Belag, Aushub, Kabelschutzrohre, Sickerbeton, Verkabelung, Belagsarbeiten, Fugenverguss, Zuschlag Nachtarbeiten.

Richtwerte (ideale Ausführungsbedingungen)

- | | |
|---|-----------------|
| • Vorfabrikation/Versetzung Betonsockel/Rahmen Einbauf. kurz | Fr./St 3'300.00 |
| • Vorfabrikation/Versetzung Betonsockel/Rahmen Einbauf. lang | Fr./St 3'500.00 |
| • Lieferung/Montage Einbaufeuer/Rillenplatte Einbaufeuer kurz | Fr./St 2'600.00 |
| • Lieferung/Montage Einbaufeuer/Rillenplatte Einbaufeuer lang | Fr./St 3'300.00 |

6.8 Demarkierungen

6.8.1 Planung

Der fachgemässen Demarkierung von Gummiabrieb oder Markierungen ist hohe Wichtigkeit beizumessen, da mit der Anwendung eines falschen Verfahrens die Decksicht der Flugbetriebsflächen beschädigt wird.

Grundsätzlich ist vorgängig über folgende Eigenschaften Klarheit zu schaffen:

- Art der Unterlage (Betonplatten oder Belag).
- Auftragungsdicke der zu entfernenden Markierung. Dick aufgetragene Markierung tendiert zu Schuppenbildung und ist als glatt wahr zu nehmen.



Foto 6.25: Beispiel von Gummiabrieb und dick aufgetragener Markierung (Schuppen)



Foto 6.26: Beispiel von zu dick aufgetragener Markierung (Schuppen)



Foto 6.27: Beispiel von zu dick aufgetragener Markierung (Schuppen)



Foto 6.28: Beispiel von zu dick aufgetragener Markierung mit neuerer Übermalung

Die nachfolgende Tabelle zeigt die verschiedenen anwendbaren Verfahren in Abhängigkeit der Oberfläche und der zu entfernenden Schicht:

		Gummiabrieb	Markierung dünn aufgetragen 1-2 Schichten	Markierung dick aufgetragen > 2 Schichten
Kugel- strahlen	Beton	ungeeignet	geeignet	ungeeignet
	Belag	ungeeignet	geeignet	abzuraten
Fräsen	Beton	abzuraten	ungeeignet	geeignet
	Belag	abzuraten	ungeeignet	geeignet
Schleifen	Beton	abzuraten	geeignet für kl. Fläche	ungeeignet
	Belag	abzuraten	geeignet für kl. Fläche	ungeeignet
Hydrojet	Beton	geeignet	ungeeignet	abzuraten
	Belag	geeignet	ungeeignet	abzuraten
Über- malung	Beton	-	ungeeignet	ungeeignet
	Belag	-	geeignet	geeignet

Tabelle 6.7: Anwendbare Verfahren

6.8.2 Realisierung

Kugelstrahlen

Allgemein sollen Arbeiten im Kugelstrahlverfahren auf Belag nur bei kühler und trockener Temperatur erfolgen, da ein weicher Belag die Aufprallenergie der Stahlkugeln absorbiert und deren Wirkung abnimmt. Zudem soll das Gerät so ausgelegt werden, dass die Strahlbreite möglichst jener der zu demarkierenden Linie entspricht und die Markierung in möglichst wenige Durchgänge entfernt wird. Andernfalls wird die Belagsoberfläche neben den Markierungen unnötig beschädigt.

Die bituminösen Fugen sollten nach Möglichkeit verschont werden, da die Stahlkugeln darin gefangen blieben und sich später zu FOD's verwandeln können.



Foto 6.29: Kugelstrahlen vorne auf Belag, hinten auf Beton

Fräsen

Die Markierungen werden auf dem Belag mit einer Fräsung einer Tiefe vom 3.5 bis 4.0 cm ausgeführt, damit wieder eine Schicht Deckbelag eingebaut werden kann (siehe Kap. 6.4). Bei Fräsarbeiten auf den Betonplatten ist äusserste Vorsicht geboten. Die Fräsung soll möglichst wenig Beton abtragen und die Kanten schonen, da diese geschwächt werden und später gerne abplatzen. Dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass sich in den Fräsvertiefungen kein Regenwasser ansammeln kann. Andernfalls ist die Oberfläche zu sanieren (siehe Kap. 6.5), was hohe Kosten verursacht.



Foto 6.30: Fräsung Markierung

Hydrojet

Die Entfernung von Gummiabrieb und Markierung durch Hydrojet ist grundsätzlich möglich, jedoch sind Vorversuche empfehlenswert. Die Einstellung des Strahldruckes ist schwierig zu eichen und kann bei zu hohem Druck den Bitumen im Belag lösen und diesen somit beschädigen. Für die Entfernung von Markierungen hat sich das Hydrojetverfahren deshalb nicht bewährt.



Foto 6.31: Beispiel Hydrojeteinrichtung



Foto 6.32: Beispiel beschädigter Belag in folge zu hohem Strahldruck

Übermalung

Die Übermalung von Linien mit schwarzer Farbe kann für kleine Anpassungen oder provisorische Markierungsaufhebungen auf Belag in Betracht gezogen werden.

Auf den Betonplatten bewährt sich diese Massnahme nicht, da der Kontrast zwischen der hellen Betonoberfläche und der schwarzen Linie zu gross ist.

6.8.3 Kennzahlen/Kostenschätzung

Bedingungen

- Sämtliche Beträge exkl. MWST.
- Preisstand 2010.
- Richtwerte ohne Installation, Entsorgung Farb-/Beton- oder Belagsreste, Zuschlag Nachtarbeiten.

Richtwerte (ideale Ausführungsbedingungen)

• Übermalung schwarz, Linie, Breite 20 cm	Fr./m ¹	6.50
• Übermalung schwarz, Fläche	Fr./m ²	50.00
• Kugelstrahlen, Linie, Breite 15 cm	Fr./m ¹	4.50
• Kugelstrahlen, Fläche	Fr./m ²	6.00
• Fräsen auf Belag oberflächlich, Linie 20 cm	Fr./m ¹	3.00
• Fräsen auf Belag oberflächlich, Linie 45 cm	Fr./m ¹	5.00
• Fräsen auf Belag oberflächlich, Fläche	Fr./m ²	12.00
• Fräsen auf Belag, Tiefe 3.5 bis 4.0 cm, Fläche	Fr./m ²	6.00
• Fräsen auf Beton, Tiefe 0 bis 4.0 cm, Fläche	Fr./m ²	11.00
• Hydrojet, Entfernung Gummiabrieb, Fläche (inkl. Absaugung + Entsorgung)	Fr./m ²	4.50

6.9 Markierungen

6.9.1 Planung

Die Markierungen auf den Flugbetriebsflächen müssen den ICAO-Standards entsprechen.

6.9.2 Realisierung

Farben

Folgende Farben werden verwendet:

- RAL 1023, Verkehrsgelb
- RAL 2009, Verkehrsorange
- RAL 3020, Verkehrsrot
- RAL 5017, Verkehrsblau
- RAL 6024, Verkehrsgrün
- RAL 9016, Verkehrsweiss



Foto 6.33: Beispiel Schwellenmarkierung mit Identifikationsnummer



Foto 6.34: Beispiel holding position marking pattern A und mandatory instruction marking



Foto 6.35: Beispiel holding position marking pattern B

Glasperlen

Auf den Militärflugplätzen wird in der Regel auf den Einsatz von Glasperlen in der Markierung verzichtet.

Produkte

Anerkannte Produkte, welche sich über die Jahre bezüglich Griffigkeit, Dehnungsverhalten und Haltbarkeit bewährt haben, befinden sich im Anhang D.

Besonderes

Markierungen auf und längs von Belagsfugen sind wenn möglich zu vermeiden.

6.9.3 Kennzahlen/Kostenschätzung**Bedingungen**

- Sämtliche Beträge exkl. MWST.
- Preisstand 2010.
- Richtwerte ohne Installation, Zuschlag Nacharbeiten.

Richtwerte (ideale Ausführungsbedingungen)

Vormarkierungen	Fr./m ¹	0.60
Linie durchgehend Verkehrsgelb, Breite 15 cm	Fr./m ¹	4.70
Linie mit Intervall Verkehrsgelb, Breite 15 cm	Fr./m ¹	2.60
Linie durchgehend Verkehrsweiss, Breite 45 cm	Fr./m ¹	8.50
Flächen Verkehrsgelb	Fr./m ²	30.00
Flächen Verkehrsweiss	Fr./m ²	20.00
Mandatory instruction marking, 2 Ziffer inkl. Schablone	Fr./St	650.00
Mandatory instruction marking, 4 Ziffer inkl. Schablone	Fr./St	1'000.00

7 Anhänge

Anhang A: Abmessungen und Lasten von typischen Helikoptern und Flugzeugen

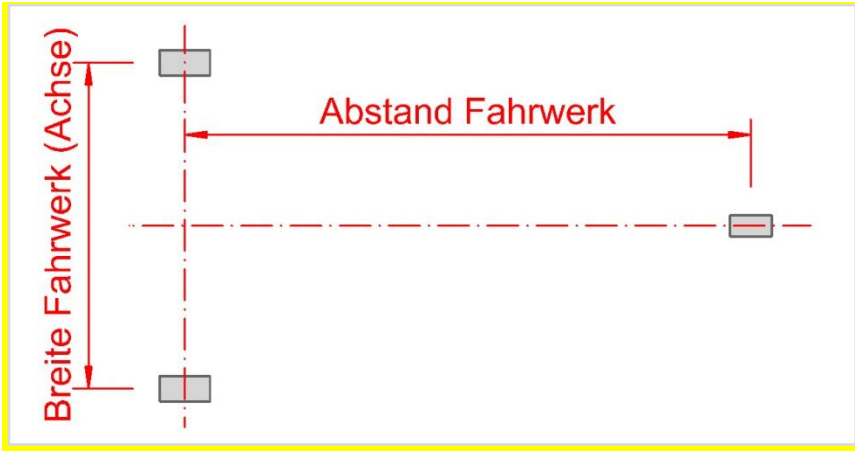
Anhang B: Abkürzungen und Begriffe

Anhang C: Grundlagen und weiterführende Literatur

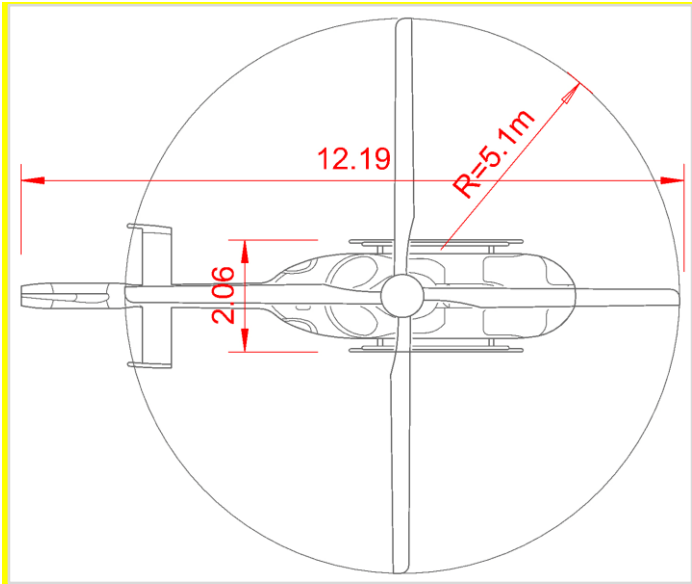
Anhang D: mögliche Leistungserbringer für Zustandsuntersuchungen und Sanierungen

Anhang A: Abmessungen und Lasten von typischen Helikoptern und Flugzeugen

Schema Angaben Fahrwerksgeometrie:

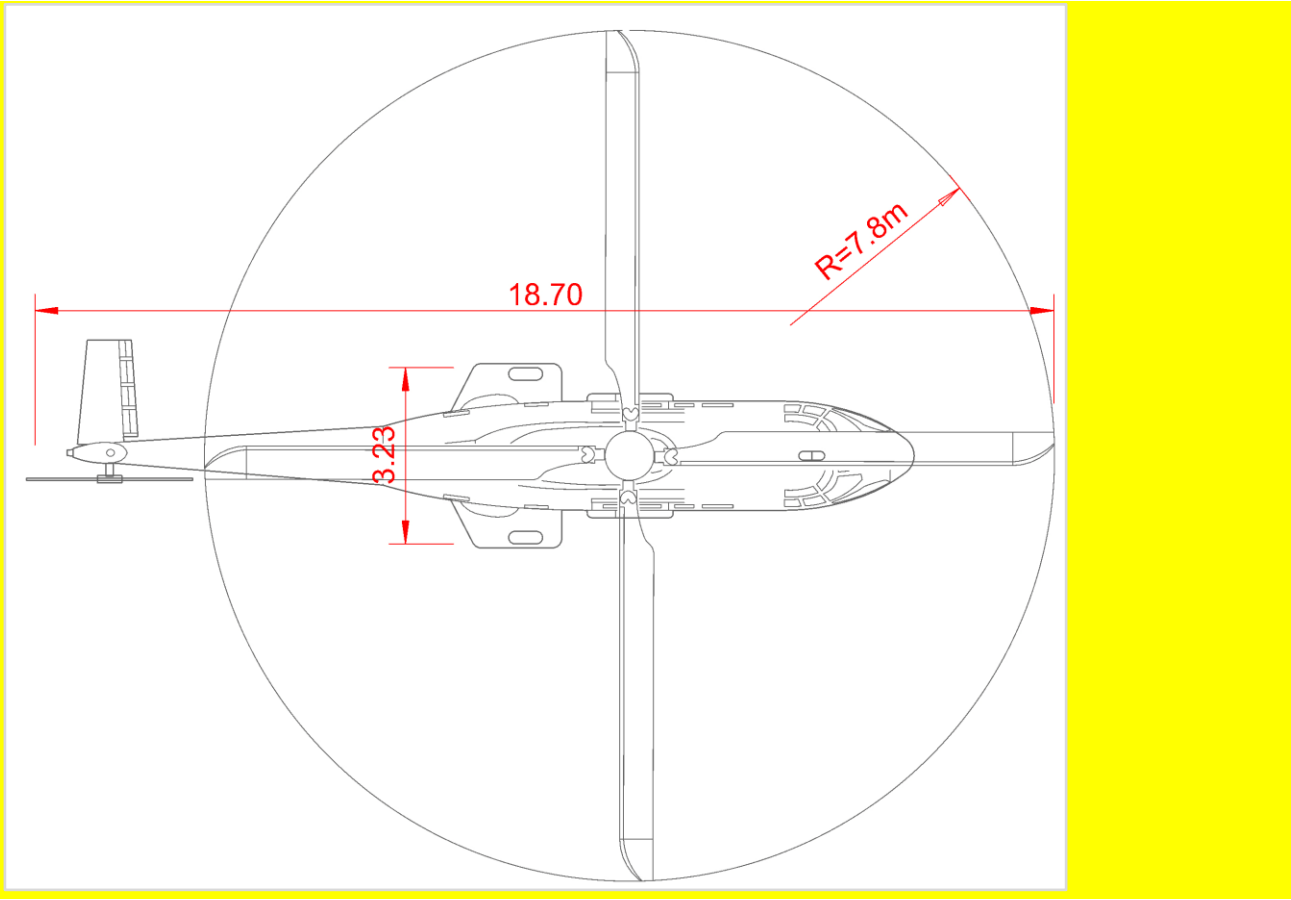


Eurocopter EC635



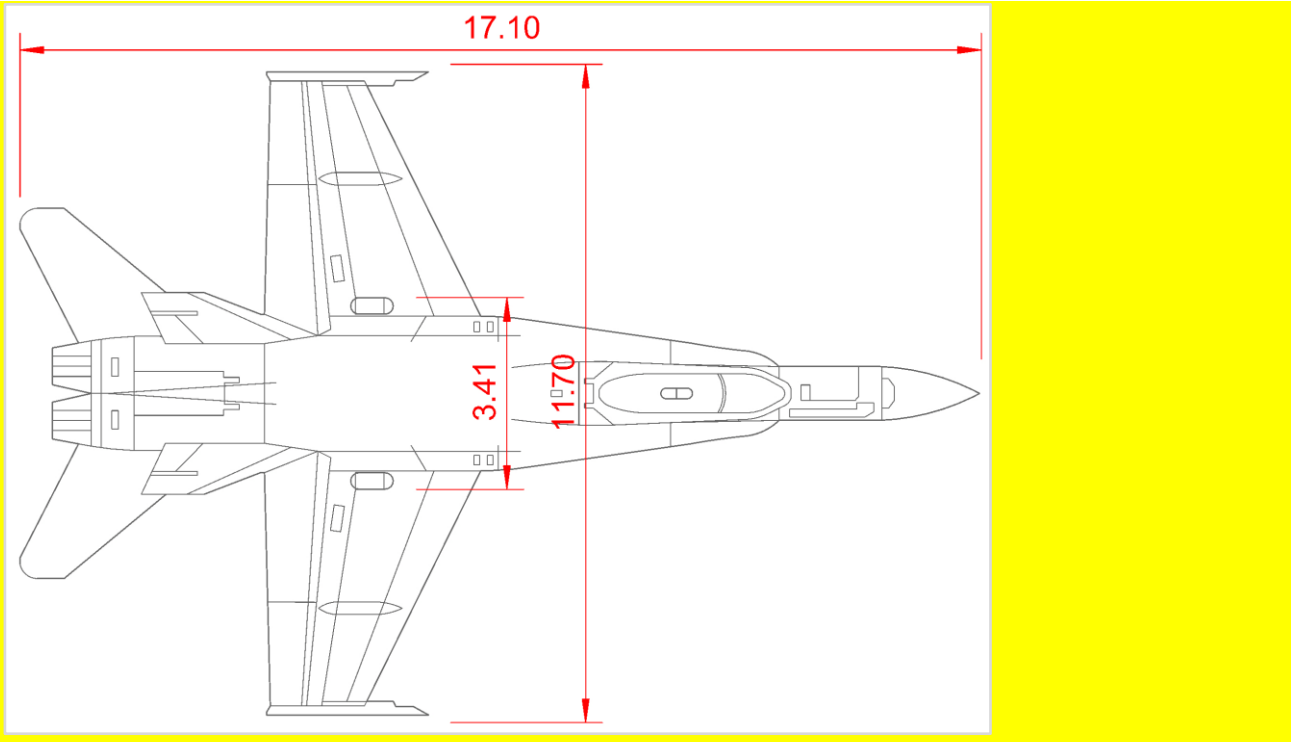
Gesamtlänge	12.19 m	Rotordurchmesser	10.20 m
Höhe	3.51 m	MTOM	2'910 kg
Breite Fahrwerk	2.06 m	Länge Fahrwerk	-

Aérospatiale AS332M1 Super Puma / Eurocopter AS532UL Cougar Mk1



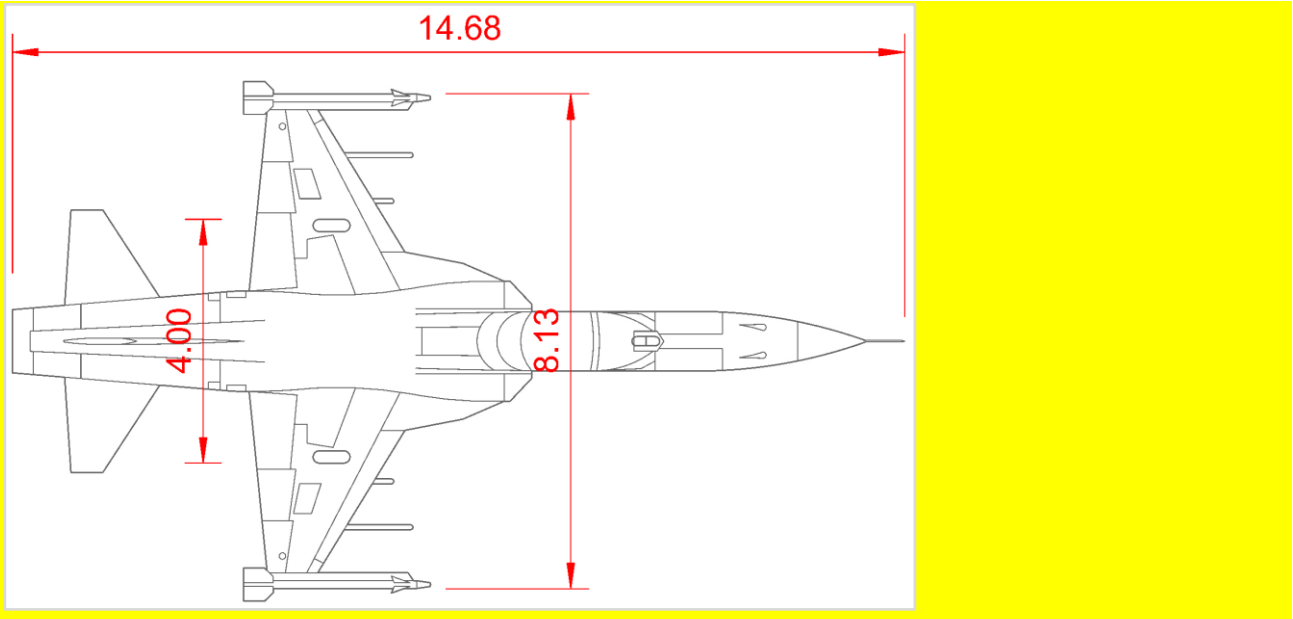
Gesamtlänge	18.70 m	Rotordurchmesser	15.60 m
Höhe	4.87 m	MTOM	9'000 kg
Breite Fahrwerk (Achse)	3.00 m	Länge Fahrwerk	5.25 m
ca. Last Bugfahrwerk	900 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	8'100 kg

Boeing F/A-18C Hornet



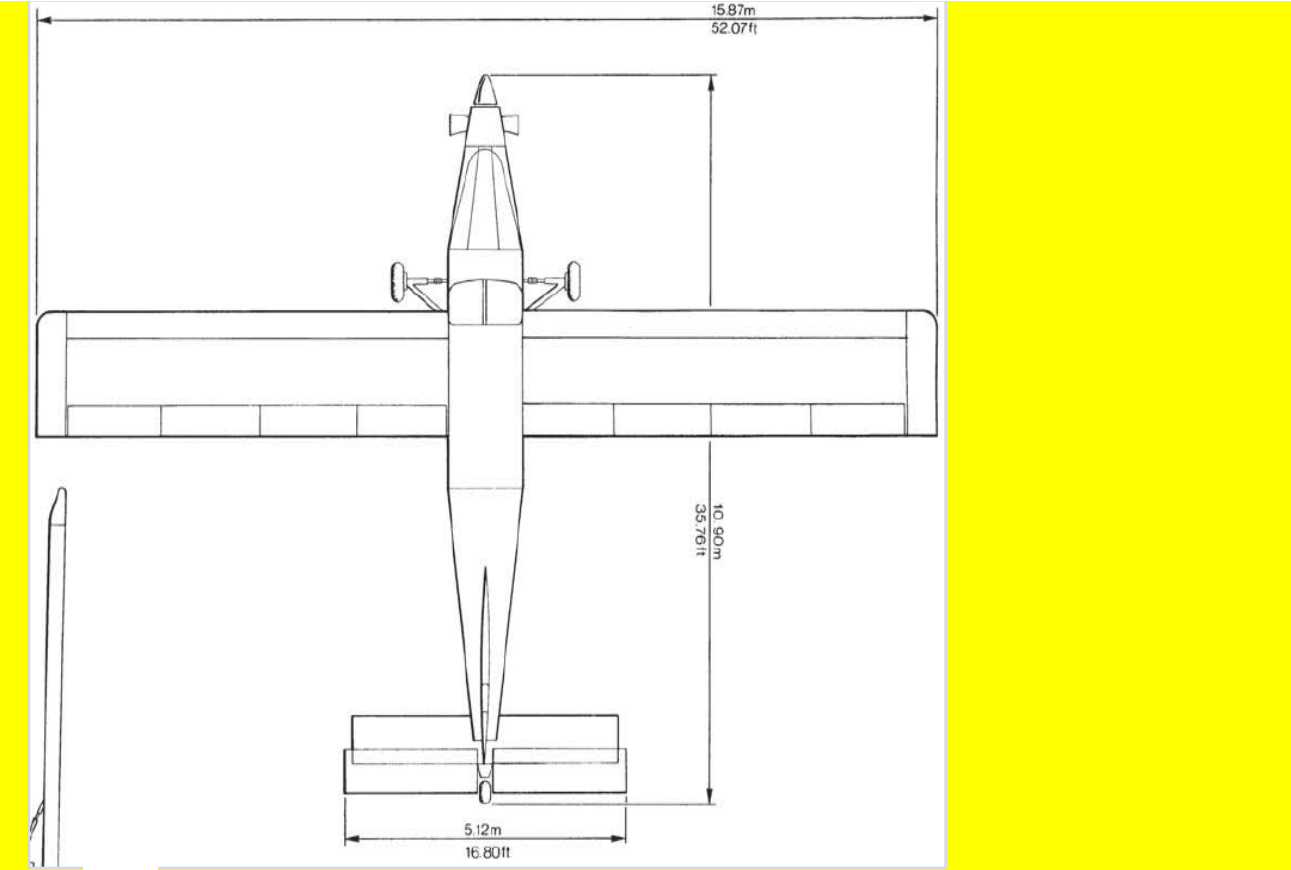
Länge	17.10 m	Spannweite	11.70 m
Höhe	4.60 m	MTOM	25'400 kg
ACN-Wert	25		
Breite Fahrwerk (Achse)	3.10 m	Länge Fahrwerk	5.40 m
ca. Last Bugfahrwerk	3'800 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	21'600 kg

Northrop F-5E Tiger II



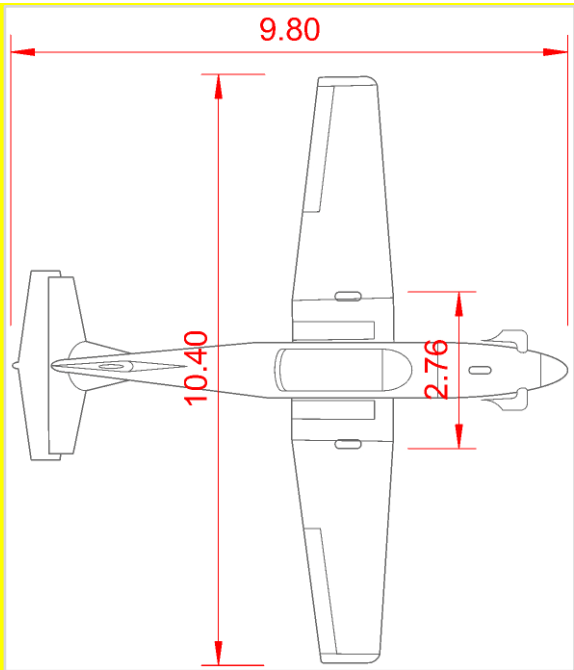
Länge	14.68 m	Spannweite	8.13 m
Höhe	4.06 m	MTOM	11'180 kg
ACN-Wert	10 - 11		
Breite Fahrwerk (Achse)	3.80 m	Länge Fahrwerk	5.17 m
ca. Last Bugfahrwerk	1'700 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	9'500 kg

Pilatus PC-6 Turbo Porter



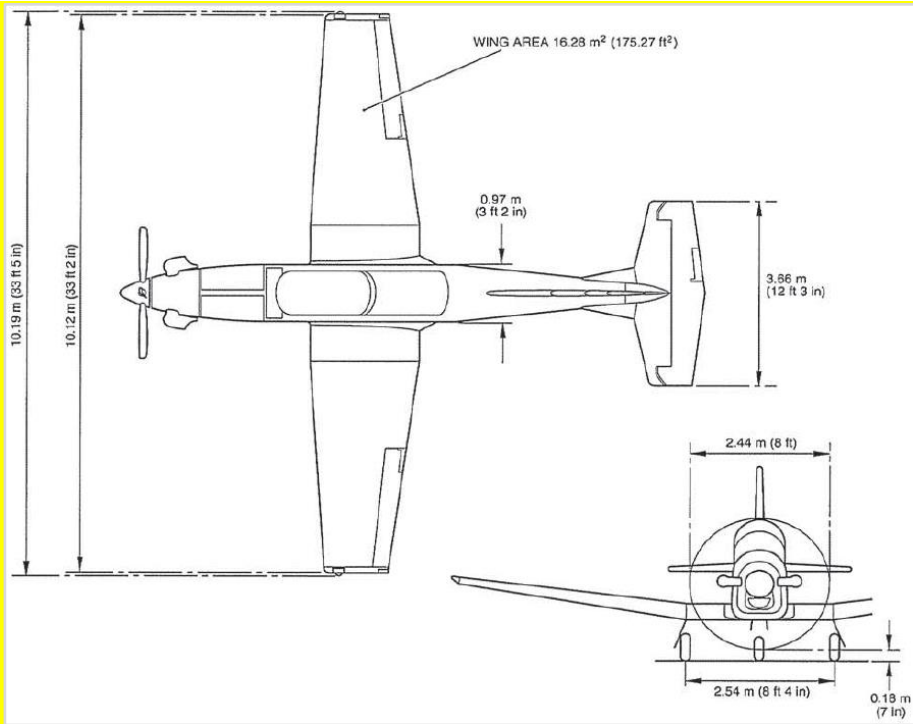
Länge	11.00 m	Spannweite	15.20 m
Höhe	3.20 m	MTOM	2'770 kg
ACN-Wert	ca. 2		
Breite Fahrwerk (Achse)	3.00 m	Länge Fahrwerk	8.00 m
ca. Last Heckfahrwerk	570 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	2'200 kg

B Pilatus PC-7 (NCPC-7)



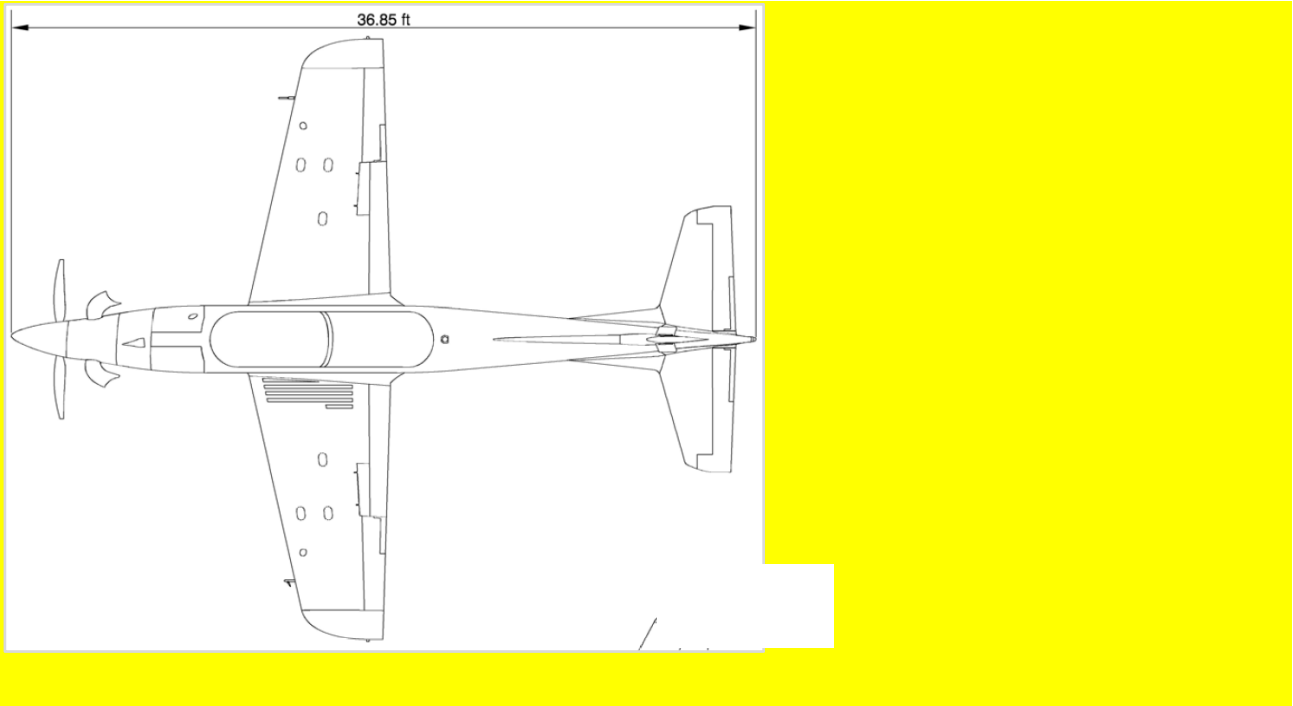
Länge	9.80 m	Spannweite	10.40 m
Höhe	3.20 m	MTOM	2'100 kg
ACN-Wert	1 - 2		
Breite Fahrwerk (Achse)	2.54 m	Länge Fahrwerk	2.31 m
ca. Last Bugfahrwerk	320 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	1'800 kg

Pilatus PC-9



Länge	10.18 m	Spannweite	10.20 m
Höhe	3.26 m	MTOM	2'500 kg
ACN-Wert	2 - 3		
Breite Fahrwerk (Achse)	2.54 m	Länge Fahrwerk	2.31 m
ca. Last Bugfahrwerk	380 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	2'200 kg

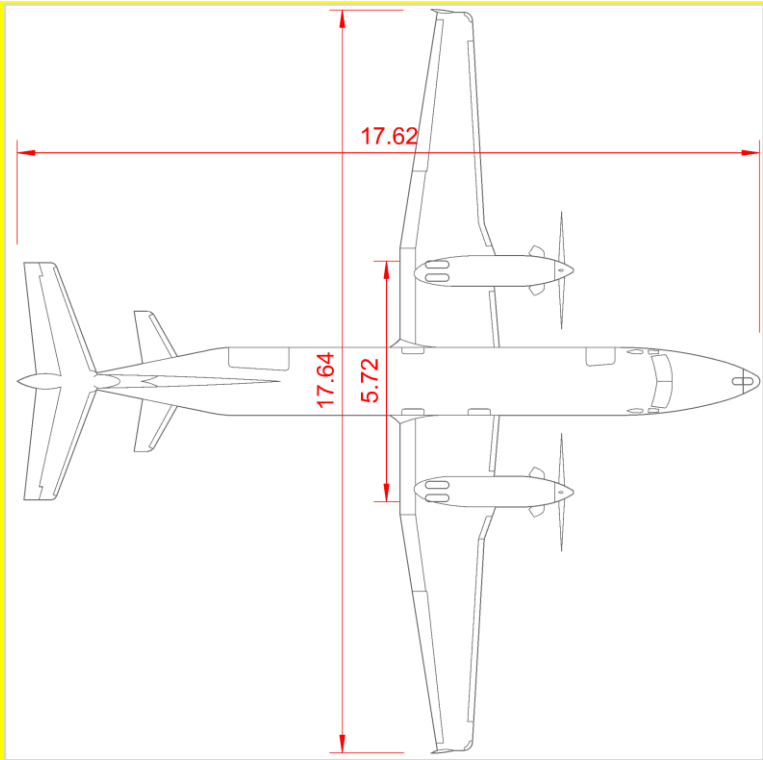
Pilatus PC-21



Länge	11.23 m	Spannweite	9.10 m
Höhe	3.75 m	MTOM	4'250 kg
ACN-Wert	3 - 4		
Breite Fahrwerk (Achse)	2.73 m	Länge Fahrwerk	2.40 m
ca. Last Bugfahrwerk	640 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	3'600 kg

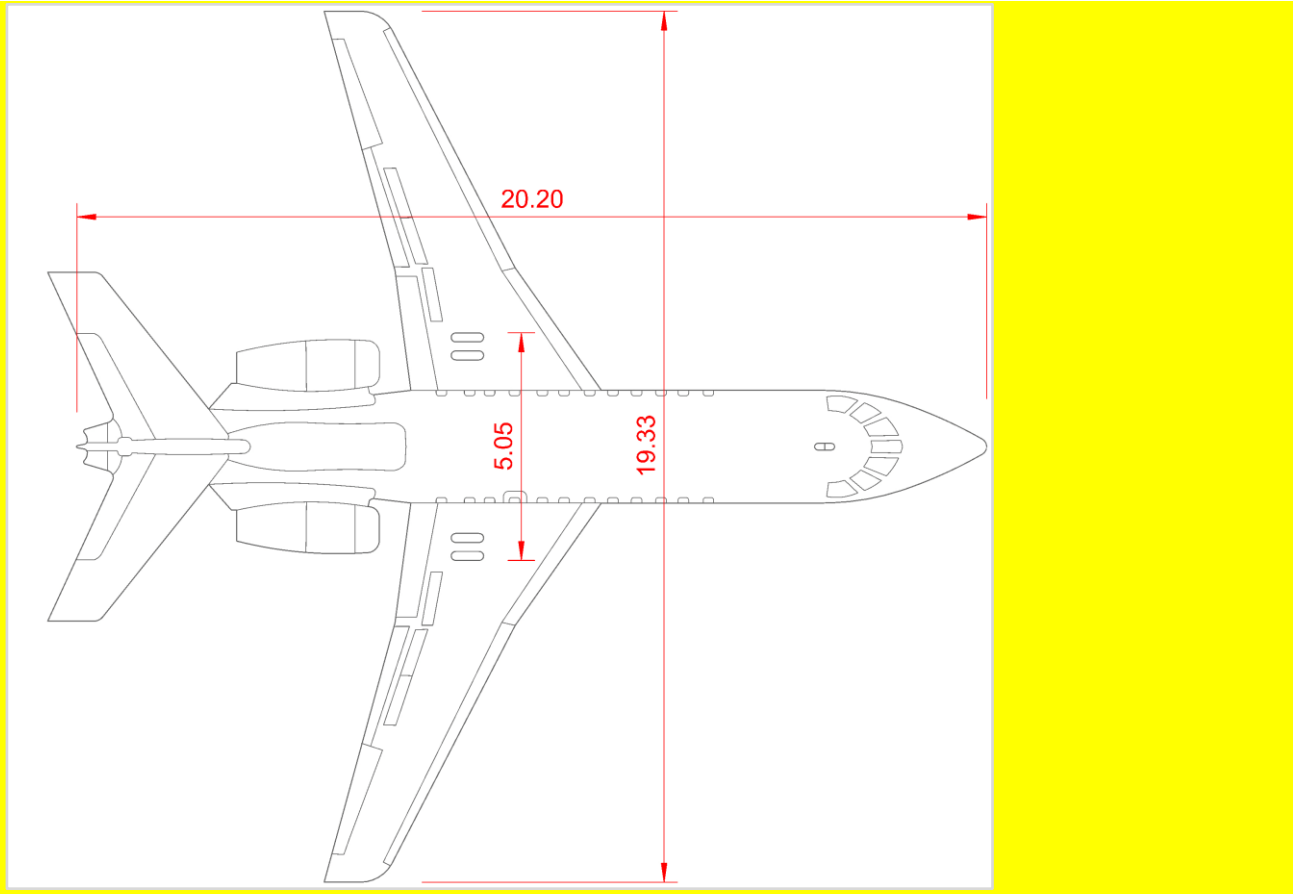


Beech 1900D



Länge	17.62 m	Spannweite	17.64 m
Höhe	4.72 m	MTOM	7'800 kg
ACN-Wert	3 - 5		
Breite Fahrwerk (Achse)	5.23 m	Länge Fahrwerk	7.25 m
ca. Last Bugfahrwerk	1'600 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	6'200 kg

Dassault Falcon 900EX



Länge	19.33 m	Spannweite	20.20 m
Höhe	7.72 m	MTOM	22'200 kg
ACN-Wert	12 - 16		
Breite Fahrwerk (Achse)	4.45 m	Länge Fahrwerk	7.93 m
ca. Last Bugfahrwerk	2'220 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	20'000 kg

Airbus A320-100

Länge	37.57 m	Spannweite	34.09 m
Höhe	11.76 m	MTOM	66'700 kg
ACN-Wert	40		
Breite Fahrwerk (Achse)	7.59 m	Länge Fahrwerk	12.64 m
ca. Last Bugfahrwerk	6'670 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	60'000 kg

Airbus A320-200

Länge	37.57 m	Spannweite	34.09 m
Höhe	11.76 m	MTOM	74'400 kg
ACN-Wert	45		
Breite Fahrwerk (Achse)	7.59 m	Länge Fahrwerk	12.64 m
ca. Last Bugfahrwerk	7'500 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	67'000 kg

Antonov AN-24

Länge	23.80 m	Spannweite	29.20 m
Höhe	8.58 m	MTOM	20'700 kg
ACN-Wert	11		
Breite Fahrwerk (Achse)	8.25 m	Länge Fahrwerk	6.90 m
ca. Last Bugfahrwerk	2'100 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	18'660 kg

Antonov AN-124-100

Länge	71.00 m	Spannweite	64.00 m
Höhe	24.00 m	MTOM	384'400 kg
ACN-Wert	77		
Breite Fahrwerk (Achse)	8.40 m	Länge Fahrwerk	23.70 m ¹
ca. Last Bugfahrwerk	63'400 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	jeweils 64'200 kg

ATR-42

Länge	22.67 m	Spannweite	24.57 m
Höhe	7.59 m	MTOM	18'200 kg
ACN-Wert	11		
Breite Fahrwerk (Achse)	4.10 m	Länge Fahrwerk	8.80 m
ca. Last Bugfahrwerk	1'800 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	16'400 kg

¹ AN-124-100 verfügt über 5 Achsen am Hauptfahrwerk, Abstand jeweils 1.75m

ATR-72

Länge	27.17 m	Spannweite	27.05 m
Höhe	7.65 m	MTOM	21'100 kg
ACN-Wert	14		
Breite Fahrwerk (Achse)	4.10 m	Länge Fahrwerk	10.80 m
ca. Last Bugfahrwerk	2'100 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	19'000 kg

BAC-111/400

Länge	28.50 m	Spannweite	26.97 m
Höhe	7.47 m	MTOM	39'000 kg
ACN-Wert	27		
Breite Fahrwerk (Achse)	4.40 m	Länge Fahrwerk	12.10 m
ca. Last Bugfahrwerk	3'900 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	35'100 kg

Beech 350C Super King Air

Länge	14.22 m	Spannweite	17.65 m
Höhe	4.37 m	MTOM	6'800 kg
ACN-Wert	3 - 4		
Breite Fahrwerk (Achse)	5.25 m	Länge Fahrwerk	4.85 m
ca. Last Bugfahrwerk	680 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	6'100 kg

Boeing B737-300

Länge	33.40 m	Spannweite	28.88 m
Höhe	11.13 m	MTOM	62'300 kg
ACN-Wert	41		
Breite Fahrwerk (Achse)	5.50 m	Länge Fahrwerk	12.50 m
ca. Last Bugfahrwerk	6'200 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	56'000 kg

Boeing B757-200

Länge	47.30 m	Spannweite	38.00 m
Höhe	13.60 m	MTOM	113'400 kg
ACN-Wert	47		
Breite Fahrwerk (Achse)	7.40 m	Länge Fahrwerk	18.80 m ¹
ca. Last Bugfahrwerk	11'300 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	jeweils 51'000 kg

¹ B757-200 verfügt über 2 Achsen am Hauptfahrwerk, Abstand 1.40m

Cessna Citation Excel

Länge	16.00 m	Spannweite	17.17 m
Höhe	5.23 m	MTOM	9'100 kg
ACN-Wert	9		

Dassault Falcon 50

Länge	18.52 m	Spannweite	18.86 m
Höhe	6.98 m	MTOM	17'300 kg
ACN-Wert	12		
Breite Fahrwerk (Achse)	4.00 m	Länge Fahrwerk	7.30 m
ca. Last Bugfahrwerk	1'700 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	15'600 kg

De Havilland Canada DHC-6-300 Twin Otter

Länge	15.77 m	Spannweite	19.81 m
Höhe	4.37 m	MTOM	5'670 kg
ACN-Wert	2 - 5		

Dornier Do-228

Länge	15.03 m	Spannweite	16.97 m
Höhe	4.86 m	MTOM	6'300 kg
ACN-Wert	6		
Breite Fahrwerk (Achse)	3.60 m	Länge Fahrwerk	6.00 m
ca. Last Bugfahrwerk	630 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	5'700 kg

Douglas DC-3

Länge	19.66 m	Spannweite	29.98 m
Höhe	5.16 m	MTOM	14'700 kg
ACN-Wert	10		
Breite Fahrwerk (Achse)	5.50 m	Länge Fahrwerk	11.30 m
ca. Last Heckfahrwerk	1'400 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	13'300 kg

Fokker 50

Länge	29.61 m	Spannweite	25.07 m
Höhe	8.47 m	MTOM	20'500 kg
ACN-Wert	13		
Breite Fahrwerk (Achse)	5.04 m	Länge Fahrwerk	10.35 m
ca. Last Bugfahrwerk	2'000 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	18'500 kg

Lockheed C-130J Hercules

Länge	34.70 m	Spannweite	40.41 m
Höhe	11.84 m	MTOM	77'800 kg
ACN-Wert	37		
Breite Fahrwerk (Achse)	4.34 m	Länge Fahrwerk	9.73 m ¹
ca. Last Bugfahrwerk	7'800 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	70'000 kg

Iljuschin IL-62

Länge	53.12 m	Spannweite	43.20 m
Höhe	12.30 m	MTOM	164'800 kg
ACN-Wert	68		
Breite Fahrwerk (Achse)	6.80 m	Länge Fahrwerk	24.49 m ²
ca. Last Bugfahrwerk	16'500 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	148'300 kg

McDonnell Douglas MD-11

Länge	61.20 m	Spannweite	51.70 m
Höhe	18.00 m	MTOM	280'500 kg
ACN-Wert	90		
Breite Fahrwerk (Achse)	10.70 m	Länge Fahrwerk	24.60 m ³
ca. Last Bugfahrwerk	28'000 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	252'500 kg

Saab JAS 39 Gripen E

Länge	15.20 m	Spannweite	8.60 m
Höhe	4.50 m	MTOM	16'500 kg
ACN-Wert	15 - 16		
Breite Fahrwerk (Achse)	2.20 m	Länge Fahrwerk	5.90 m
ca. Last Bugfahrwerk	2'500 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	14'000 kg

Transall C-160

Länge	32.40 m	Spannweite	40.00 m
Höhe	11.65 m	MTOM	50'000 kg
ACN-Wert	13		
Breite Fahrwerk (Achse)	5.30 m	Länge Fahrwerk	10.60 m ⁴
ca. Last Bugfahrwerk	5'000 kg	ca. Last Hauptfahrwerk	45'000 kg

¹ C-130 verfügt über 2 Achsen am Hauptfahrwerk, Abstand 1.52 m² IL-62 verfügt über 2 Achsen am Hauptfahrwerk, Abstand 1.70 m³ MD-11 verfügt über 2 Achsen am Hauptfahrwerk, Abstand 1.40 m⁴ C-160 verfügt über 2 Achsen am Hauptfahrwerk, Abstand 1.60 m

Anhang B: Abkürzungen und Begriffe

Abkürzungen

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
A/A	Air-to-air	Luft / Luft, Bord / Bord
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	US-Vereinigung der Strassenfachleute
ACFT	aeroplane, aircraft, Aéronef	Luftfahrzeug(e)
ACN	Aircraft Classification Number	Lastklassifikationszahl eines Luftfahrzeugs
AD	aerodrome	Flugplatz
ADR	Airfield Damage Repair	Schadenreparatur an Flugbetriebsflächen
AF, AFLD	airfield	Flugplatz
A/G	Air-to-ground	Luft / Boden, Bord / Boden
AGL	Above ground level	Höhe über Grund
AIC	Aeronautical Information Circular	Luftfahrtinformationsblatt
AIP	Aeronautical Information Publication	Luftfahrthandbuch
AIRAC	Aeronautical Information Regulation and Control	Regelung der Verbreitung von Luftfahrtinformationen
ALP		Flugplatz Alpnach
ALS	Approach lighting system	Anflugbefeuerungssystem
ALT	Altitude	Höhe über Meer
ALTN	alternate (aerodrome)	Ausweichflugplatz
ALW	alw	zulässige Anzahl Lastwiederholungen
APCH	approach	Anflug
ARAN	Automatic Road Analyzer	Automatisiertes Gerät für die Strassenanalyse
ARFF	Aircraft Rescue and Fire Fighting	Rettungs-Pikettdienst
ASDA	accelerate stop distance available	Verfügbare Startabbruchstrecke
ASDE	airport surface detection equipment	Rollfeldüberwachungsradar
ASPH	Asphalt	Asphalt
ATC	air traffic control	Flugverkehrsleitung
ATIS	Automatic terminal information system	Automatische Ausstrahlung von Lande- und Startinformationen
aum	all-up mass	Gesamtfluggewicht / Gewicht über alles
AUW	all-up weight	Gesamtfluggewicht
AVBL	available	verfügbar
BAZL (OFAC/UFAC/FOCA)	Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) Federal office for civil aviation	Bundesamt für Zivilluftfahrt
BBL	Office fédéral des constructions et de la logistique	Bundesamt für Bauten und Logistik

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
BUO		Flugplatz Buochs
CBR	California Bearing Ratio	Tragfähigkeitsindex des Untergrundes
CFR	Crash, Fire and Rescue	Rettungs-Pikettdienst
CGA	centre of gravity acceleration (aircraft -)	vertikale Beschleunigung des Flz-Schwerpunktes (beim Rollen auf unebener Unterlage)
CIP		Centre d'instruction pour pilotes
	clearance distance between outer main wheel and taxiway edge	lichte Weite zwischen Aussenrand Hauptfahrwerk und Rollweg-Rand
CONC	Concrete	Beton
COND	condition	Zustand, Beschaffenheit
CONST	construction, constructed	Bau, gebaut, im Bau
CWY	Clearway	Freifläche
DABS	Daily Airspace Bulletin Switzerland	Daily Airspace Bulletin Switzerland
DCA	Défense Contre Avion / Difesa contraerea	Fliegerabwehr
DDPS (VBS/DDPS)	Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) Dipartimento federale della difesa, della protezione della popolazione e dello sport (DDPS)	Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports
DEBI		Durchführung/Entscheidung/Beteiligung/Information (Zuständigkeiten Geschäftsprozesse)
DEG	degree	Grad
DEP	departure, depart	Start, starten
DGPS	DGPS	Differential Global Positioning System
DSWL	Derived Single Wheel Load	Abgeleitete Einzelradlast
DUB		Flugplatz Dübendorf
EMD (DMF/DMF)	Département militaire fédéral (DMF) Dipartimento militare federale (DMF)	Eidg. Militärdepartement (heute VBS)
EMM		Flugplatz Emmen
EQPT	equipment	Ausrüstung, Gerät
ESB	Engineer Support Battalion	Flugplatz Genie Formation
ESWL	Equivalent Single Wheel Load	Massgebende Einzelradlast
FAA	Federal Aviation Administration	US-Bundesamt für Luftfahrt
FAC	facilities	Einrichtungen, Anlagen
FAR	Federal Aviation Regulations	US-Luftfahrts-Bestimmungen
FATO	Final Approach and Takeoff Area	Endanflugs- und Abflugs-Zone
FBF	Flugbetriebsflächen	Sämtliche Flächen eines Flugplatzes, die für den Flugbetrieb beansprucht werden
	flight cycle (taxi-out, takeoff, landing, taxi-in)	Flug-Zyklus (taxi-out, takeoff, landing, taxi-in)
Flpl	aerodrome / airfield	Flugplatz

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
Flz	aeroplane	Flugzeug
FOD	Foreign Object Damage Foreign Object Debris	Luftfahrzeugbeschädigung durch Fremdkörper Fremdkörper
FWD	Falling Weight Deflectometer	Fallgewichts-Deflektometer
GCA	ground controlled approach – radar system	Bodengeführtes Instrumenten-Landeanflug-System (Radar-Kabine Nähe Pistenrand)
GND	ground	Grund, Boden
GNSS	Global navigation satellite system	Weltumfassendes Satellitennavigationssystem
GP	Glide path	Gleitwegsenden
GPS		Global Positioning System
HEL	helicopter	Hubschrauber (Heli)
HWD	Heavy weight Deflectometer	Schweres Fallgewichts-Deflektometer
IATA	International Air Transport Association	Internationaler Luftfahrtsverband (Sitz: Genf)
ICAO	International Civil Aviation Organization	Internationale Zivilluftfahrtorganisation
ICE	icing	Vereisung
IFR	Instrument flight rules	Instrumentenflugregeln
ILS	instrumental landing system / Installations pour vol aux instruments	Instrumenten-Lande-System
IMC	Instrument meteorological conditions	Instrumentenflugbedingungen
INT		Flugplatz Interlaken
IRI	International Roughness Index	Internationaler Ebenheits-Index
ISIM		Informationssystem Immobilien Militär
ISSYS	Integrated Self-Protecting System	Selbstschutzsystem
IT		Individuelles Training
IT Heli		Individuelles Training mit Helikopter
IVT-ETHZ	IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik an der ETH Z
JAA	Joint Aviation Authorities	Vereinigte Luftfahrts-Behörden
JATO	Jet Assisted Take Off	Raketenunterstützter Kurzstart
KAFA		Kabelfanganlage
KAMIBES		Kampfmittelbeseitigung
K-Flpl		Kriegsflugplatz
KM		Kleinmassnahmen
KST		Kurs- und Schultableau
LA (LFG/LNA)	Bundesgesetz über die Luftfahrt (Luftfahrtgesetz) (LFG) Legge federale sulla navigazione aerea (LNA)	Loi fédérale sur l'aviation
LA		Laufender Unterhalt
LCN	Load Classification Number [old]	Tragfähigkeits-Klassifikationszahl [veraltet] zum Vergleich Flz-Last / Pisten-Tragfähigkeit

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
LCPC		Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris
LDA	landing distance available	Verfügbare Landestrecke
LDG	landing	Landung
LFG (LA/LNA)	Loi fédérale sur l'aviation (LA) Legge federale sulla navigazione aerea (LNA)	Bundesgesetz über die Luftfahrt (Luftfahrtgesetz)
LFV (OSAv/ONA)	Ordonnance sur l'aviation (OSAv) Ordinanza sulla navigazione aerea (ONA)	Verordnung über die Luftfahrt (Luftfahrtverordnung)
LGT	light / lighting	Feuer oder Befeuerung
LOC	Localizer	Landekursender
LNA (LFG/LA)	Bundesgesetz über die Luftfahrt (Luftfahrtgesetz) (LFG) Loi fédérale sur l'aviation (LA)	Legge federale sulla navigazione aerea
LOC		Flugplatz Locarno-Magadino
LOD		Flugplatz Lodrino
LT		Lufttransport
LV		Leistungsvereinbarung
LW		Luftwaffe
MAINT	maintenance	Wartung
MALS		Militärisches Anflugeitsystem
MAX	maximum	maximal
MLW	Maximum landing weight	Maximales Landegewicht
MTOW	Maximum take off weight	Maximales Startgewicht
MTOM	Maximum take off mass	Maximale Startmasse
MTW	Maximum taxi weight	maximales Rollgewicht
MEI		Flugplatz Meiringen
Mil	military	Militär, militärisch
MNM	minimum...	Mindest...
MOL		Flugplatz Mollis
MPa		Mega Pascal (Mpa = 10.2 kg/cm ²)
MPH		Militärisches Pflichtenheft
MPW	maximum permissible weight	Zulässiges Höchstgewicht
NDT1	non destructive testing	zerstörungsfreie Untersuchung
NDT	non-destructive deflection testing	zerstörungsfreie Deflektionsmessung
NLP		Notlandepiste
NOLA		Notlandepiste
NOMIL	Notes pour l'aviation militaire	Nachrichten für die Militärluftfahrt
NOTAM	Notice To Airmen (Flight Advisory Bulletins)	Nachrichten für Luftfahrer
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale	Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO)
OBST	Obstacle	Hindernis
OFA	Office fédéral de l'air	Eidgenössisches Luftamt (heute BAZL)

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
OFAC (BAZL/UFAC)	Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC)	Office fédéral de l'aviation civile
OM		Objektmanagement
OMGWS	Outer main gear wheel span	Breite des Hauptfahrwerks
ONA (LFV/OSAv)	Verordnung über die Luftfahrt (Luftfahrt- verordnung) (LFV) Ordonnance sur l'aviation (OSAv)	Ordinanza sulla navigazione aerea
OSAv (LFV/ONA)	Verordnung über die Luftfahrt (Luftfahrt- verordnung) (LFV) Ordinanza sulla navigazione aerea (ONA)	Ordonnance sur l'aviation
OSIA	Ordonnance sur l'infrastructure aéronautique	Ordinanza sull'infrastruttura aeronautica (VIL/OSIA)
PAPI	Precision approach path indica- tor	Präzisionsanflugwinkelbefeuerung
PAR	Precision Approach Radar	Präzisions-Anflug-Radar
PAY		Flugplatz Payerne
PCI	Pavement Condition Index (ranging from 0 [= failed] to 100 [= perfect])	Zustands-Index der befestigten Flugbetriebs- fläche (von 0 = zerstört bis 100 = perfekt)
PCN	Pavement Classification Num- ber	Tragfähigkeitszahl
PIARC	World Road Association	„Vereinigung Strassenfachleute weltweit“
PM		Projektmanagement
PMS	pavement maintenance mana- gement system	Unterhalts-Management-System für Flugbe- triebsflächen
PSA2	Pilot Station Acceleration	vertikale Beschleunigung der Pilotenkabine beim Rollen auf unebener Unterlage
PSI	tire pressure (lb) per square inch	Reifendruck in pounds/inch ² (1.0 Mpa = 145 psi)
PSIA		Piano settoriale dell'infrastruttura aeronautica (SIL/PSIA)
PSN	position	Standort (Stao)
PSP	pierced steel plank(s)	Stahlrostplatte(n)
PUMIL		Publikation für die Militärflugplätze
QPM		Querprofilmessgerät (SACR)
QUASAR	Quick Analysis of Structural Condition of Asphalt Roads	KOAC-WMD (NL) – Methode für die schnelle Beur- teilung des Tragverhaltens von Asphaltbeton-Str.n
RCL	runway center line	Start-/Landebahn-Mittellinie
REDL	Runway edge lights	Pistenrandbefeuerung
REGA	Garde aérienne suisse de sauveta- ge/Guardia aerea svizzera di soc- corso	Schweizerische Rettungsflugwacht/
RENL	Runway end lights	Pistenendbefeuerung
RESA	Runway end safety area	Endsicherheitsfläche
RGL	Runway guard light	Pisten-Warnleuchte

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
RRR	Rapid Runway Repair	Flugbetriebsflächen-Not- (Kriegs-) –Reparatur
RUAG		Rüstungs AG (ex SF, F+W)
RVR	runway visual range	Start-/Landebahnsichtweite
RWE	Runway end	Pistenende
RWY	runway	Start-/Landebahn
SAM		Flugplatz Samedan
SAM (AMF)	Abteilung der Militärflugplätze (AMF)	Section des aérodromes militaires (ex DAM, plus tard OFAM)
SAR	Search and rescue	Such- und Rettungsdienst
SF	Entreprise suisse d'aéronautique et de systèmes SA Impresa svizzera d'aeronautica e sistemi SA	Schweizerische Unternehmung für Flugzeuge und Systeme AG (ex F+W, heute RUAG Aerospace)
	short field arrestment [Gegenteil: long - -]	Abbremsung mit Hilfe des 1. Fangkabels (am Ende der Aufsetzzone)
SFC	surface	Oberfläche, Boden
SIL		Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (PSIA/PSIA)
SIO		Flugplatz Sion
SIWA		Lenkwaffe (Sidewinder)
SIWL	single isolated wheel load	vergleichbare Einzelradlast
SMC	surface movement control	Bodenbewegungskontrolle
SMR	surface movement radar	Bodenbewegungsradar
SNC	Structural Number Calculated, bzw. Modified Structural Number (parameter) (the value of this measure is calculated from the deflections and the layer thicknesses)	"Neue" Tragfähigkeitszahl gem. KOAC-WMD (NL), berechnet aus Deflektion und Schichtstärke
SPLLW		Sektion Planung der Luftwaffe
SRE	Surveillance Radar Element for GCA	Rundsichtradaranteil für GCA
SRT	Skid-Resistance-Tester	Pendelgerät SRT (engl.) zur kombinierten Griffigkeits- und Texturmessung
STB		Stahlträgerbrücke (f. Notrep. Bachquerungen)
STINGER		Fliegerabwehr Lenkwaffensystem
STOL	short take-off and landing	Kurzstart und Kurzlandung
	strain	Zug
	strength	Belastbarkeit
SWY	stopway	Stopbahn, Stopfläche
tar	tarmac	Platz / Vorplatz / "apron"
TDZ	touchdown zone	Aufsetzzone
TGL	touch and go landing	Aufsetzen und Durchstarten
THR	threshold	Pistenschwelle
TKOF	take-off	Start
TKW		Taran und Kreisel-Werkstatt
TLOF	Touchdown and lift-off area	Lande- und Abhebe-Zone
TMA	Terminal control area	Nahkontrollbezirk

Kürzel	Fremdsprache	deutsche Bedeutung
TODA	take-off distance available	Verfügbare Startstrecke
TODAH	take-off distance available, helicopter	Verfügbare Startstrecke Helikopter
TORA	take-off run available	Verfügbare Startlaufstrecke
TWR	aerodrome control (tower)	Platzkontrollstelle (Kontrollturm)
TWY	taxiway	Rollstrasse/Rollweg/Rollbahn
TYP	Type of aircraft	Flugzeugmuster
UeG		Überwachungsgeschwader
UFAC (BAZL/OFAC)	Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)	Ufficio federale dell'aviazione civile
VBS (DDPS/DDPS)	Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS) Dipartimento federale della difesa, della protezione della popolazione e dello sport (DDPS)	Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
VOR	Radiophare omnidirectional VHF	Ultrakurzwellen-Drehpunktfeuer
VFI		Vereinigung für eine zivile Mitbenutzung des Flugplatzes Interlaken
VFR	Visual flight rules	Sichtflugregeln
VIL		Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (OSIA/OSIA)
VMC	Visual meteorological conditions	Sichtflugbedingungen
VSS		Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
VTOL	vertical take-off and landing	Senkrecht-Start und -Landung
WGS-84	World geodetic system 1984	<i>World geodetic system 1984</i>
WIP	work in progress	Arbeiten im Gang
YCZ	Yellow caution zone	Gelbe Vorsichtszone (Pistenbefeuerung)

Begriffe

Abstellplatz, Vorfeld [apron, tarmac]

Platz im Freien, auf dem ein Luftfahrzeug abgestellt wird. Auf dem Vorfeld können je nach Organisation und Ausrüstung Fluggäste / Besatzungen ein-/aussteigen, Fracht verladen und Luftfahrzeuge betankt werden.

Alarmstandplatz

Geschützter Standplatz in unmittelbarer Nähe der Startzone (ausserhalb der Pistenflucht), auf welchem Kampfflugzeuge in erhöhtem Bereitschaftsgrad (mit laufendem Triebwerk) auf den Einsatzbefehl warten.

Auffangzone

Befestigter Bereich in der Verlängerung der Pistenachse (hinter dem hochgezogenen Fangnetz), auf welchem ein Flugzeug, das nach der Landung oder einem Startabbruch ungenügend abgebremst werden kann, mit Hilfe des Fangnetzes notfallmässig und mit geringstmöglichem Schaden zum Stillstand gebracht werden soll.

Aufsetzzone [touchdown zone]

Der Teil der Landebahn jenseits der Schwelle, der für die erste Berührung landender Luftfahrzeuge mit der Piste bestimmt ist. Kann mit einer Aufsetzonenmarkierung gekennzeichnet sein.

Ausweichpiste (Redundanzpiste)

Nebenspiste mit bescheidenerem Ausbaustandard als die Hauptpiste bzw. mit Pistencharakter ausgebaut Rollstrasse. Für eingeschränkten oder Notfall-Flugbetrieb (Starten und Landen in beiden Richtungen)

Betankungsfläche [refueling surface]

Festgelegte Fläche, auf der ein Luftfahrzeug betankt wird. Achtung: Erhöhte Anforderungen an die Fassung und Behandlung von anfallendem Oberflächenwasser (Gewässerschutz).

Bereitstellungsplatz

Platz im Freien, auf dem ein Luftfahrzeug zwischen den Einsätzen bereitgestellt wird (ordentliche Wartung). Für die Betankung wie für die Bewaffnung / Aufmunitionierung werden an die Bereitstellungsplätze besondere Anforderungen gestellt

Enteisungsfläche [de-icing pad]

Festgelegte Fläche, auf der ein Luftfahrzeug von Schnee befreit und gegen Vereisung vorbereitet wird.

Achtung: Erhöhte Anforderungen an die Fassung und Behandlung von anfallendem Oberflächenwasser (Gewässerschutz).

Fangnetzanlage

Anlage zur notfallmässigen Begrenzung der Ausrollstrecke eines ungenügend abgebremsten Flugzeuges in der Auffangzone (z.B. bei Brems- oder Bremsschirmdefekten, zu langer Landung, Startabbruch, etc.).

Je ein Fangnetz ist an jedem Pistenende, am Übergang zwischen Piste und Auffang-zone, angeordnet. Während das im Anflug befindliche Netz abgesenkt wird und auf dem Belag liegt, ist dasjenige am Pistenende hochgezogen.

Das aufzufangende Flugzeug rollt ins Netz, das aus seiner Grundstellung ausgezogen und hydraulisch abgebremst wird.

Flugbetriebsfläche [movement area]

Alle Flächen eines Flugplatzes, auf denen sich Luftfahrzeuge aus eigener Kraft bewegen (Piste, Rollwege, Vorfeld)

Freifläche [clearway]

Eine festgelegte rechteckige Fläche, die als geeignet ausgewiesen und so hergerichtet ist, dass darüber ein Luftfahrzeug einen Teil seines Anfangssteigfluges bis zu einer bestimmten Höhe durchführen kann.

Hindernisfreihalteflächen [obstacle limitation surfaces]

Flächen rund um eine Piste, die zum Schutz von An- und Abfliegenden Luftfahrthindernissen von Hindernissen freizuhalten sind. Bestehende Hindernisse können unter bestimmten Voraussetzung akzeptiert werden. Details siehe ICAO Annex 14

ICAO Annex 14

Anhang 14 zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 (Chicagower Abkommen). Beschreibt Anforderungen und Richtlinien für den Bau und den Betrieb von Flugplätzen und Heliports.

Kabelfanganlage

Anlage zur notfallmässigen Verkürzung der Ausrollstrecke von (Kampf-)Flugzeugen innerhalb des Pistenbereichs. Kabelfanganlagen setzen Kampfflugzeuge voraus, die mit Fanghaken ausgerüstet sind (z.B. F/A 18 Hornet, F-5 Tiger).

Je eine Kabelfanganlage mit je einem Kabel befindet sich am Ende jeder Aufsetzzone. Das Kabel verläuft über Distanzhalter in ca. 5 cm Höhe quer über die Piste. Das Kampfflugzeug überrollt es mit ausgefahrenem Fanghaken und hängt sich daran ein. Das Kabel wird ausgezogen und hydraulisch abgebremst.

Bei den Kabelfanganlagen der Kriegsflugplätze sind die Kabel in der Regel in speziellen, im Belag OK bündig eingelassenen Konstruktionen versenkt angeordnet und werden nur im Bedarfsfall (inert Sekundenfrist) angehoben (und wieder abgesenkt). Bei den übrigen (und den mobilen) Anlagen werden die immer überstehenden Kabel von den Flächenflugzeugen permanent überrollt, was starke Schläge auf den Belag bewirkt.

Kompensierplatz

Platz für die Justierung der Erdmagnetsonde des Kompasses eines Luftfahrzeuges. Wegen unerwünschter magnetischer Interferenzen im Freien und abseits von jeglichen Metallkonstruktionen (auch von Belagsarmierungen!) gelegen.

Kompensierplatz-Drehteller

Im zentralen Bereich des Kompensierplatzes OK bündig im Belag eingelassener Teller als Hilfsmittel zur Drehung des Luftfahrzeuges "an Ort" für die Justierungsarbeit an der Erdmagnetsonde des Kompasses (Bordnavigationsmittel). Die Wanne des Drehtellers liegt über einer Sickerpackung und ist entwässert.

Markierungen (Belagsmarkierungen) [markings]

Alle für den Flugbetrieb erforderlichen Markierungen (Pistenidentifikationsnummer / Schwelle / Leitlinien / Rollhaltebalken / Rolllinien / Standplatzmarkierungen etc.).

Sollen für den Betrieb bei Nacht mit Retroreflektierender Farbe ausgeführt werden.

Abmessungen und Farben sollen in Übereinstimmung mit den Vorgaben der ICAO und gemäss Handbuch des ACI (Airports Council International: Apron Markings and Signs Handbook) ausgeführt werden.

Notlandepiste

Speziell hergerichteter, geradlinig verlaufender Abschnitt einer Autobahn, der sich zum temporären Ausweich-Flugplatz umfunktionieren lässt. Allenfalls zusammen mit angegliederten Flugbetriebsflächen (Bereitstellungsplätze/Rollstrassen).

Piste [runway]

Piste für den normalen Flugbetrieb (Start- und Landebahn für beide Richtungen, je nach Windverhältnissen)

Pistenendsicherheitsfläche [runway end safety area]

Fläche am Anfang und am Ende einer Start- und Landebahn, die dafür geeignet ist, ein Flugzeug im Notfall abzubremesen, falls ein Luftfahrzeug vor dem Pistenanfang aufsetzt [undershoot] oder über die Landestrecke hinausrollt [overrun]. Die Gefahr der Beschädigung eines Luftfahrzeugs soll durch die Gestaltung der RESA reduziert werden.

Pistenstreifen [runway strip]

Bereich um die Start- und Landebahn, die bei laufendem Flugbetrieb frei sein muss von Hindernissen (Ausnahmen gemäss ICAO Annex 14 zulässig: Standort im Streifen unbedingt erforderlich, Hindernis brechbar).

Rollhalteort [runway holding position]

Ein bezeichneter Ort, an dem rollende Luftfahrzeuge zum Halten aufgefordert werden können, um einen Abstand zu Piste zu halten.

Schulter [shoulder]

Eine an den Rand einer Piste oder eines Rollwegs angrenzende Fläche, die so hergerichtet ist, dass sie einen Übergang zwischen der Piste / Rollweg und der angrenzenden Oberfläche (z. B. Rasen) herstellt.

Schwelle [threshold]

Anfang des für die Landung benutzbaren Teils der Start- und Landebahn.

Standlaufplatz, Bremsprüfplatz

Platz im Freien für die Triebwerks- und Bremskontrolle eines Luftfahrzeugs. Teilweise mit Schallabsorbierenden Elemente umgeben.

Startzone

Bereich am Pistenkopf (vor dem abgesenkten Fangnetz)

Bereich wird der Triebwerkshitze besonders ausgesetzt (Startschub und evtl. Einsatz Nachbrenner).

Stoppbahn [stopway]

Eine festgelegte rechteckige Fläche am Ende der verfügbaren Startlaufstrecke, die so hergerichtet ist, dass darauf ein Luftfahrzeug im Falle eines abgebrochenen Startes zum Halten gebracht werden kann.

Rollweg (auch Rollstrasse, Rollbahn), [taxiway]

Verbindungsweg zwischen der Piste und einer Abstellfläche.

Es bestehen folgende Unterkategorien:

- | | |
|---|---|
| • Schnellabrollweg [rapid exit taxiway] | Rollweg zum schnellen Verlassen der Piste. |
| • Standplatzrollgasse [aircraft stand taxilane] | Teil des Vorfelds, auf dem die Luftfahrzeuge zu den Standplätzen rollen. |
| • Vorfeldrollweg [apron taxiway] | Rollweg auf dem Vorfeld der dazu bestimmt ist, eine durchgehende Rollstrecke über das Vorfeld zu gewährleisten. |

Vorplatz Kavernenanlage, Unterstand oder Halle

Platz unmittelbar vor einer gedeckten Anlage (Kaverne, Unterstand), auf dem ein aus-/einrückendes Luftfahrzeug vom Traktor ausgeklinkt/übernommen wird und den eigenen Antrieb zu-/abschaltet.

Wendebereich [turn pad]

Fläche auf der Piste, auf der ein rollendes Luftfahrzeug ein Wendemanöver durchführen kann. Üblicherweise vorhanden an den Pistenenden, wenn keine direkten Rollweganschlüsse bestehen.

Anhang C: Grundlagen und weiterführende Literatur

Die folgenden Unterlagen dienen als Grundlage für das vorliegende Dokument und bieten weiterführende Literatur:

Herausgeber	Dokument	
Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS	SN 640 320	Dimensionierung des Strassenaufbaus; Äquivalente Verkehrslast
	SN 640 324	Dimensionierung des Strassenaufbaus; Unterbau und Oberbau
	SN 640 430b	Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten
	SN 640 431-1-NA	Asphaltmischgut; Mischanforderungen – Teil 1: Asphaltbeton
	SN 640 461b	Betondecken; Konzeption, Anforderungen, Ausführung und Einbau
	SN 640 462	Betondecken; Fugeneinlagen und Fugenmassen
	SN 640 731	Erhaltung des Oberbaus; Reparatur, Instandsetzung und Erneuerung von Asphaltsschichten
	SN 640 732a	Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten; Instandsetzung
	SN 640 733b	Erhaltung von Fahrbahnen; Oberbauverstärkung von Fahrbahnen in bituminöser Bauweise aufgrund von Deflektionsmessungen
	SN 640 735b	Erhaltung des Oberbaus, Reparatur und Instandsetzung von Betondecken
	SN 640 925b	Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF); Anleitung zur visuellen Zustandserhebung und Indexbewertung mit dem Schadenkatalog
Bundesamt für Strassen ASTRA		Richtlinie Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen, Ausgabe 2005
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV		Merkblatt zur Erhaltung von Flugbetriebsflächen
		Merkblatt für den Bau von Flugbetriebsflächen aus Asphalt
		Merkblatt für den Bau von Flugbetriebsflächen aus Beton
Deutscher Asphaltverband e.V.		Asphalt auf Flugbetriebsflächen – Leitfaden für Planung, Bau und Erhaltung von Flugbetriebsflächen aus Asphalt
International Civil Aviation Organization ICAO	ICAO Annex 14	Aerodromes Volume I, Aerodrome Design and Operations Aerodromes Volume II, Heliports
	ICAO Doc 9157	Part 1 Runways
	Aerodrome Design Manual	Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays
		Part 3 Pavements
		Part 4 Visual Aids
		Part 5 Electrical Systems
Airports Council International ACI		Part 6 Frangibility
		Apron Markings and Signs Handbook

Anhang D: mögliche Leistungserbringer für Zustandsuntersuchungen und Sanierungen

Die folgende Tabelle listet mögliche Leistungserbringer und bewährte Produkte im Zusammenhang mit Zustandsaufnahmen und Baumassnahmen auf Flugbetriebsflächen auf:

Bereich	Firma	Produkt / Methode
Zustandsaufnahmen	SACR AG Milchstrasse 12 6423 Seewen	Tragfähigkeitsmessungen Lacroix Griffigkeitsmessungen Skiddometer Längsebenheitsmessungen APL Visuelle Zustandsaufnahme
	Infralab SA Chemin de Praz-Roussy 3 1032 Romanel s/Lausanne IMP Baute AG Hauptstrasse 591 CH-4625 Oberbuchsitzen	Tragfähigkeitsmessungen HWD / FWD Griffigkeitsmessungen Skiddometer Längsebenheitsmessungen ARAN Oberflächenzustand ARAN
Fugenverguss Betonplatten	Reparatur und Sanierungstechnik AG Burgdorfstrasse 33 3550 Langnau	Thormaflex
	BASF Schweiz AG Klybeckstrasse 141 4057 Basel	MBT Mastertop 230 MBT Masterpatch 411A
Sanierung Oberfläche Betonplatten	Sika Schweiz AG Tüffenwies 16 8048 Zürich	Grundierung: Sikafloor 155 WN Beschichtung: Sikafloor 82 Abstreuerung: Quarzsand 0.9 – 1.3 mm
	BASF Schweiz AG Klybeckstrasse 141 4057 Basel	EMACO APS T2040N
Sanierung Fugen Betonplatten	Reparatur und Sanierungstechnik AG Burgdorfstrasse 33 3550 Langnau	RESA KBH
Befeuerung Pisten und Rollwege, Signalisation	Erni AGL AG Zürichstrasse 72 8306 Brüttisellen	Einbaufeuere Piste, z.B. IL20 lang oder kurz
	Hugentobler Spezialleuchten AG Amriswilerstrasse 155 8570 Weinfelden	Hindernisfeuer Beschilderungen Rollwege, beleuchtet und unbeleuchtet
Markierungen (Produkte)	Plastiroute SA Route des Avouillons 8 1196 Gland	HIGH-SOLID HS-6
	Basler Lacke AG Bresteneggstrasse 17 5033 Buchs AG	SIGNALIN M44