

Zur Frage der Betonstrassen- und Betonpisten-Konstruktion

Autor(en): **Nörbel, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **127/128 (1946)**

Heft 3

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83781>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

amerikanischen Gesamtschau vertreten sein. Ich möchte nur zwei Punkte herausgreifen aus dem vielen, was über die Arbeit dieses einzigartigen Architekten zu sagen wäre.

Wright hat als ausgesprochene Künstlerindividualität den kulturellen Formausdruck der technischen Zivilisation in seinen Bauten schon seit den 90er Jahren zu verwirklichen gesucht, während andere ihre Konstruktionen mit Formelementen historischer Stile bemäntelten. Wright ist *anderseits* nie dem Rausch der Technik an sich erlegen, sondern hat diese trotz grosser technischer Erfindergabe nur als Mittel zum Zweck ausgewertet, um nämlich dem menschlichen Leben und der menschlichen Tätigkeit in allen ihren Differenzierungen, sei es zum Wohnen, sei es zum Arbeiten, einen möglichst angenehmen und würdigen Hintergrund zu formen.

Ferner ein weiteres zukunftsweisendes Merkmal: Seine Bauten sind konsequent mittels eines körperlichen Netzes von Masseinheiten oder von Bauelementen komponiert, deren Anwendung zwangsläufig und für den Nichtwissenden unmerklich zu erstaunlich rhythmisch harmonischer Raumwirkung führt. Wir wissen, dass diese Frage des Einheitsmoduls in der Architekturgeschichte immer wieder auftaucht. Bei vielen hervorragenden Bauten des Altertums und der Gotik lassen sich solche Einheitsmasse nachweisen.

Trotz dieser abstrakten selbstgewählten Bindung entstehen aber durchaus nicht starre leblose Formgebilde. Im Gegenteil: Wright's Bauten vermitteln eine grosse Skala von Ausdrucksmöglichkeiten und darüber hinaus eine geradezu naturhaft anmutende Anpassung an ihre Umgebung. Dies führe ich hier an, weil Wright, ausgehend von der künstlerischen Gestaltung, also von einer ganz andern Seite her, einen deutlichen Beweis für die fast unbeschränkten Möglichkeiten für individuelle Variationen im Elementebau geliefert hat. Wir sehen also *wie sehr* es darauf ankommt, *wer* die industriellen Baumethoden anwendet und *wie* sie angewendet werden.

Damit möchte ich schliessen und noch einmal betonen, dass uns diese Ausstellung ein sehr klug gewähltes, wertvolles Anschauungsmaterial vermittelt. Ein Jeder, besonders aber die Fachleute, werden die Gelegenheit nicht versäumen, daraus zu lernen. Wir sind den Veranstalter, besonders aber der amerikanischen Gesandtschaft, für die Uebermittlung zu grossem Dank verpflichtet. Es ist unser Wunsch, dass dieser Ausstellung bald noch weitere aus dem reichhaltigen Fundus amerikanischen Bauschaffens folgen.

Zur Frage der Betonstrassen- und Betonpisten-Konstruktion

Von Dipl. Ing. K. NÖRBEL, Wildegg

In verdienstvoller Weise haben sich Dipl. Ing. P. Soutter (Zürich) in Bd. 126, S. 1* (7. Juli 1945) und Dipl. Ing. E. Bühlmann (Thun) in Bd. 126, S. 240 (24. November 1945) der Schweiz. Bauzeitung mit theoretisch-konstruktiven Fragen des Betonpistenbaues befasst. Beide Autoren sind sich in der Ansicht einig, dass es, angesichts der grossen Zahl von z. T. unbekanntem, auf die Belagplatten einwirkenden Kräften, schwer ist, die in diesen auftretenden Spannungen rechnerisch zu ermitteln. Es ist daher wohl nicht abwegig, das Problem des Betonpistenbaues und besonders die von den beiden Autoren aus theoretischen Erwägungen heraus entwickelten Vorschläge, an Hand unserer langjährigen Erfahrungen im Betonstrassen- und Betonpistenbau, einer kritischen Betrachtung zu unterziehen.

Die Betonstrassen A.-G. in Wildegg, im Bestreben, Klarheit in die Dimensionierung der Betonstrassenbeläge zu bringen, führte schon im Jahre 1929 unter Leitung von Prof. Dr. h. c. M. Roß, Direktionspräsident der EMPA, und des seither verstorbenen Eisenbetonspezialisten Ing. R. Maillart (Genf) Belastungsversuche auf der Betonstrasse bei Schinznach-Bad durch. In dem Expertengutachten, das Ing. Maillart in Auswertung der Belastungsversuche von Schinznach abgab, stellte er fest, dass die Plattenränder stärker beansprucht seien als das Platteninnere. Er schlug dementsprechend vor, die Plattenränder durch Schwellen zu unterfangen. In der Praxis stellten sich dieser Methode gleich von Anfang an erhebliche Schwierigkeiten entgegen. In der Folge verzichtete man auf die Durchführung von Randverstärkungen, dimensionierte die Platten durchwegs etwas kräftiger und ging gleichzeitig über zu der Verdübelung der einzelnen Platten untereinander. Diese Methode, zu der wir in der Schweiz bereits im Jahre 1930 übergangen, hat sich in der Praxis bewährt. Die Stärke der Verdübelung hängt einerseits ab vom Untergrund und andererseits von der Verkehrsbelastung.

Ing. Soutter kommt in seinem oberwähnten Artikel, an Hand statischer Erwägungen, zu einem ähnlichen, aber präziser ge-

fassten Vorschlag wie Ing. Maillart. Er glaubt feststellen zu dürfen, dass durch den Einbau von Schwellen die Verdübelung überflüssig werde. Die vorgeschlagene Schwellenstärke entspricht der Plattenstärke «h», wobei sie eine Breite von rd. 2 h erhält.

Gestützt auf unsere Erfahrungen und aus folgenden Ueberlegungen heraus kommen wir dazu, diesen Vorschlag abzulehnen. Angesichts des elastischen und nicht bis zur vollständigen Sättigung komprimierten Unterbaues und Untergrundes der Betonpisten unserer Flugplätze ist damit zu rechnen, dass diese leichten Schwellen unter dem Einfluss der Lasten etwas nachgeben werden; sie werden in den Boden gedrückt. Vorerst wird dieses Einsinken elastischer Natur sein; mit der Zeit aber wird eine bleibende Absenkung eintreten. Die Nebenplatte kann, da sie mit der belasteten Platte keine direkte Verbindung hat, nicht mittragen helfen. Es entstehen dann bei jedem Lastenübergang Bewegungen an den Fugen. Die belastete Platte ist im Moment des Lastenüberganges etwas abgesenkt gegenüber der noch nicht belasteten Nebenplatte. Dadurch treten vorerst leichtere, dann schwere Beschädigungen der Fugenkanten ein und mit der Zeit werden in den Platten selbst Querrisse entstehen. Will man diese schädlichen Bewegungen verhindern, so bleibt nichts anderes übrig, als die Schwellen unter die Einflusszone der Verkehrserschütterungen zu fundieren. Dadurch entstehen eigentliche Betonsockel, die nicht nur teuer zu stehen kommen, sondern die Gleichmässigkeit der Unterlage in bezug auf ihre Tragfähigkeit stören. Entgegen der durch Ing. Bühlmann geäusserten Ansicht zeigen die in der Praxis gemachten Erfahrungen, dass die gleichmässige Tragfähigkeit des Untergrundes für den schadlosen Bestand der starren Betonbeläge von grösster Bedeutung ist. Hartpunkte in sonst komprimierbarer Unterlage führen mit der Zeit ausnahmslos zu Rissbildung. Es ist daher erstes Gebot des projektierenden Ingenieurs, die Schaffung solcher Hartpunkte zu vermeiden. Wenn auch im vorliegenden Fall, wo die Hartpunkte sich nahe der Plattenränder befinden, Risse vielleicht nicht entstehen, so werden, bedingt durch die unvermeidliche Nachkomprimierung des Untergrundes unter dem Einfluss von Zeit und Verkehr, Plattensetzungen im Feldinnern eintreten. Diese werden der Ebenheit des Belages Abbruch tun und angesichts des minimalen Quer- und Längsgefälles, in denen Start- und Landepisten angelegt sind, Tümpel bilden, die im Winter zu gefährlicher Eisbildung führen.

Ein weiterer Umstand, der gegen das von Ing. Soutter vorgeschlagene und von Ing. Bühlmann befürwortete Schwellen-System spricht, sind die Anlagekosten und die Betriebsstörungen, die ein solcher Nebenbauplatz dem eigentlichen, fabrikmässigen Einbau des Betonbelages bringen wird. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass der Schwelleneinbau sich unterteilt in Trassierung, Aushub mit Abtransport, Schalung, Betonierung, Ausschalen, Nachbehandlung, Wiederherstellung der Planie und Erhärtung (diese letztgenannte ist nötig, da die Längsschwellen als Fundamente der Schalschienen des Strassenfertigers dienen), so ist es ohne weiteres klar, dass dieser Einbau Raum, ja sogar viel Raum braucht. Viel Raum ist gleichbedeutend mit viel Zeit; diese wird aber erfahrungsgemäss kaum zur Verfügung stehen. Der Schwelleneinbau bedingt aber auch verhältnismässig hohe Kosten. Eine überschlägige Berechnung zeigt, dass das Schwellensystem bei einem 20 cm starken Betonpistenbelag dessen Kosten um 4 bis 5 Fr./m² erhöht. Da, wie bereits dargelegt, die vorgeschlagenen, leichten Fugenschwellen die Verdübelung der Platten nicht zu ersetzen vermögen, sind diese Kosten zusätzlich.

Ein anderer Punkt, zu dem sich die beiden Autoren äussern, ist die Frage der Quer- und Längsfugen. Sollen sie als Pressfugen oder als Dehn-, d. h. Raumbfugen ausgebildet werden? Diese Frage ist so alt wie der Betonbelagbau selbst und eine eindeutige Abklärung haben auch die praktischen Erfahrungen bis heute nicht gebracht. Ing. Soutter schreibt: «es sollen möglichst wenig, wenn möglich gar keine Raumbfugen angeordnet werden». Ing. Bühlmann äussert sich zu diesem Problem wörtlich wie folgt: «alle Querfugen sollen als Dehnfugen ausgebildet werden, und zwar mit einem Wirkungsgrad $\eta = 100\%$. Die Längsfugen können für die heute in Frage kommenden Pistenbreiten als Pressfugen ausgebildet werden». Die Meinungen stehen sich also diametral gegenüber. Was ist nun das Richtige und was lehrt die Erfahrung? Wie bereits angedeutet, erlauben die Erfahrungstatsachen noch kein abschliessendes Urteil, doch bekennen wir uns im Prinzip eher zur Auffassung von Ing. Soutter, solange es sich um kurvenlose Strecken handelt. Vor und nach ausgesprochenen Kurven sind Dehnfugen zu empfehlen, da sonst seitliche Verschiebungen der Kurvenstrecken im Bereich der Möglichkeit liegen. Voraussetzung ist aber, dass die Fugenflächen senkrecht sind und die Druckübertragung eine gleichmässige ist. Dass man diesen Bedingungen in der Praxis

gerecht werden kann, zeigt der unter der Leitung der Betonstrassen A.-G. Wildegg im Jahre 1928 in Genf auf der Route de Chêne ausgeführte 16 cm starke Betonbelag. Dieser hat eine Gesamtlänge von über 700 m, wobei alle Quertugen als Kontraktions-, d. h. Pressfugen ausgebildet sind. Der jetzt über 17 Jahre alte Belag weist bis heute keine Fugenbeschädigungen und auch keine Risse auf. Pressfugen erfordern weniger Unterhalt und kommen in ihrer Herstellung billiger zu stehen als Dehn- oder Raumfugen. Veranlasst durch Veröffentlichungen von Prof. Graf über Messungen an ausgeführten Betonbelägen gingen wir dann dazu über, alle 30 bis 70 m, je nach der Jahreszeit der Bauausführung, Dehnfugen einzulegen. Zwischen den Dehnfugen werden alle 8 bis 10 m Pressfugen ausgeführt. Bei schattig gelegenen Strassen können die Dehnfugenabstände vergrössert werden. Die nach dieser Gewohnheitsregel ausgeführten Betonbeläge haben sich überall dort gut bewährt, wo die Fugen im Detail richtig ausgeführt wurden.

Wenn Ing. Bühlmann sein Begehren nach ausschliesslicher Anwendung von 100 % reibungslosen Raumfugen in der Querrichtung mit dem systematischen Auftreten von Längsrissen begründet, so ist festzustellen, dass seine Wahrnehmungen und die Literaturangaben, auf die er sich stützt, aus der Anfangszeit des Betonstrassenbaues stammen, in der man Betonstrassen bis zu 6 m Breite, auch im Dachprofil, ohne Mittellängsfugen einbaute. Bei diesen Belägen traten mit der Zeit fast in allen Feldern Längsmittellrisse auf. Seit der Einführung von Mittelfugen, bei uns seit 1930, hörte diese systematische Rissbildung auf.

Den statistischen Aufzeichnungen der Betonstrassen A.-G. Wildegg ist zu entnehmen, dass von den bis und mit 1930 ohne Mittelfuge erbauten Betonbelägen Ende 1944 78,9 % aller Felder Risse aufwies, wovon 81,0 % auf Längsrisse entfallen. Dieses Verhältnis ändert sich für die nach 1930 mit Mittelfugen ausgeführten Betonbeläge, bei denen auch Feldbreiten bis 5,60 m vorkommen, grundlegend. Von den total erstellten Feldern sind bis Ende 1944 gerissen 4,4 % hiervon weisen nur 10,5 % Längsrisse auf.

Tatsache ist, dass sich Längsrisse durch die Quertugen, und zwar besonders durch die Pressfugen auf die Nebenseiten übertragen. Diese Uebertragung ist, wie Ing. Bühlmann richtig feststellt, bedingt durch die Reibungskräfte, die in diesen Fugen auftreten können. Sie ist die logische Folge entgegengesetzter Bewegungen, die in der Fuge eintreten bei Volumeneingang infolge Abkühlungen, wie aus Bild 1 ohne weiteres ersichtlich ist. Das ungerissene Feld A zieht sich bei Abkühlung gegen seine Mitte, die Strassenaxe, zusammen, während beim gerissenen Feld B sich jede Feldhälfte auf ihre neue Feldmitte

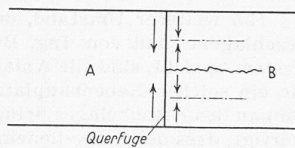


Bild 1

zusammenzieht. Dadurch entstehen gegenläufige Bewegungen in der mittleren Feldhälfte, die zur Rissbildung im Feld A führen. Diese Erscheinung kann man auch dort beobachten, wo bei Belägen mit Mittelfuge die Quertugen der beiden Strassenhälften gegeneinander versetzt angeordnet wurden.

Wir gehen aber mit Ing. Bühlmann, gestützt auf unsere längjährigen Erfahrungen, in der Hinsicht nicht ein, dass die Reibung in den Pressfugen die *Primärursache* der Längsrissbildung sei. Würde die von Ing. Bühlmann aufgestellte These richtig sein, so müssten breite Felder der mit Mittelfugen ausgeführten Betonstrassen ebenfalls zu Längsrissbildung neigen, was auch bei den breitesten Feldern nicht der Fall ist. Das systematische Auftreten von Längsrissen in den s. Zt. ohne Mittelfuge ausgeführten Betonstrassen mit Dachprofil hat nach unseren Beobachtungen offenbar eine andere Ursache. Gewisse Erscheinungen an ausgeführten Betonbelägen zeigen nämlich, dass bei seitlicher Sonnenbestrahlung die der Sonne zugekehrte Dachhälfte der Strasse sich stärker dehnt, als die der Sonne abgekehrte. Dadurch entstehen links und rechts der Dachfirste ungleiche Beanspruchungen; es werden Spannungen im First ausgelöst, die an und für sich schon zur Bildung von Längsrissen führen können; durch das einseitige oder gar beidseitige Hinzutreten von Verkehrslasten wird diese Rissbildung gefördert. Die Statistik der Betonstrassen A.-G. Wildegg zeigt, dass z. B. auf der thurgauischen Betonstrasse zwischen Langwiesen und Wagenhausen vorerst nur die dachförmigen Felder rissen, während in den einseitig geneigten Kurvenfeldern die Längsrisse erst im Laufe der Jahre sich bildeten, offenbar durch Reibungsübertragung aus den anliegenden Feldern mit Dachprofil.

Wenn Ing. Bühlmann die Rissursache in der Quertuge sucht, bedingt durch ungleiche Temperatur-Ausdehnungskoeffizienten des anliegenden Betons, so halten wir das kaum für möglich. Aus den Jahresberichten der Betonstrassen A.-G. Wildegg geht

hervor, dass die Betonfestigkeiten der unzähligen, im Laufe der Jahre auf den Baustellen kontradiktorisch entnommenen Betonproben eine überdurchschnittliche Gleichmässigkeit aufweisen. Da auch die Verdichtung mittels des Strassenfertigers als eine einheitliche angesprochen werden darf, ist kaum anzunehmen, dass die Ausdehnungskoeffizienten des Betons anliegender Felder so stark voneinander abweichen, dass sie bei gleichgerichteter Bewegung (und um eine solche handelt es sich ja vor dem Eintreten der Risse) zur Bildung von Längsrissen in den Feldern führen können.

Wir sind deshalb der Ansicht, dass zum mindesten an der bisherigen Verteilung der Dehnfugen festgehalten werden darf, neigen sogar eher zu der Auffassung von Ing. Soutter, von den Dehnfugen noch mehr abzurücken als bisher. Was das Aufbäumen des Belages infolge zu grossen Druckes anbelangt, so haben die Erfahrungen an der bereits erwähnten Route de Chêne in Genf gezeigt, dass bei richtiger Fugenkonstruktion ein solches, zum mindesten bei Belägen in der Ebene, nicht zu befürchten ist.

Am Schlusse seiner Ausführungen macht Ing. Bühlmann unter 4.) Vorschläge für die Konstruktion von Betonpisten und beantragt unter anderem, die Zementdosierung aus ausführungstechnischen Gründen durchgehend auf 300 kg/m³ fertigen Beton zu halten; schlägt aber gleichzeitig vor, den Beton in Schichten von je 15 cm einzubringen. Wir halten dafür, dass, wenn man schon mit getrennten Schichten arbeitet, was übrigens wegen der Eiseneinlagen nötig ist, eine durchgehend gleiche Zementbeigabe nicht notwendig ist. Im schweizerischen Betonstrassenbau, der über eine bereits 20-jährige Erfahrung verfügt, ist es aus wirtschaftlichen und praktischen Gründen üblich, bei Belägen von über 12 cm Gesamtstärke die Unter- oder Tragschicht gegenüber der Ober- oder Abnutzungsschicht geringer zu dosieren. Die Erfahrung zeigt einwandfrei, dass Dosierungsunterschiede von 100 bis 150 kg keine nachteiligen Folgen auf die Dauerhaftigkeit des Belages ausüben. Angesichts unseres unausgeglichene, kontinentalen Klimas halten wir eine Dosierung der Ober-schicht von P 350 für angezeigt.

Was nun die Stärke der Betonplatten anbelangt, so sind wir bis heute nur auf die praktischen Ergebnisse angewiesen. Die Stärke der schweizerischen Betonstrassen liegt zwischen 10 und 18 cm. Diese Plattenstärken haben bis heute auch bei sehr stark beanspruchten Strassen mit mangelhaft-tragfähigem Untergrund genügt und man darf sich mit Recht fragen, ob für Flugpisten erheblich stärkere Beläge nötig sind. Wenn auch in Zukunft mit Radlasten bis zu 40 t gerechnet werden muss, so ist zu berücksichtigen, dass die Flugzeuge unter sehr flachem Winkel schwebend auf die Platte auftreffen und dass, dank der grossen Luftreifen und der äusserst sorgfältig abgedeferten Räder, der volle Raddruck nur allmählich und ruhig zur Auswirkung kommt. Wir glauben deshalb, dass je nach dem Untergrund, Belagstärken von 17 bis 22 cm auch für die Zukunft genügen sollten, unter der Voraussetzung, dass die Beläge entsprechend den heute gebräuchlichen Methoden mit Stahleinlagen bewehrt und die Felder untereinander durch Verdübelung verbunden werden.

Unsere langjährigen Erfahrungen und die systematische Beobachtung der in- und ausländischen Betonstrassenbauten zeigen, dass die Projektierung und Ausführung haltbarer Betonbeläge weitgehende Spezialkenntnisse erfordern. Ein technisch einwandfrei projektierte Betonbelag versagt, wenn bei seiner Ausführung betontechnische Fehler passieren. Die Ausführung der Fugen z. B. ist ein Kapitel für sich, das viel Sorgfalt und Erfahrung benötigt; macht man bei der Behandlung der Fugen Fehler, so kann der Bestand des ganzen, sonst einwandfrei erstellten Belages in Frage gestellt werden. Betonbeläge sollten daher nur von zuverlässigen Bauunternehmern und unter sachkundiger Leitung ausgeführt werden.

Das Flughafen-Projekt Lausanne-Ecublens

Schon seit 30 Jahren besitzt die Stadt Lausanne in La Blécherette einen Flugplatz, der gleichzeitig auch militärischen Zwecken dient. Er ist längst ungenügend geworden; ausserdem ist er technisch mangelhaft, nicht erweiterungsfähig und kann wegen Nebel oft nicht benützt werden. Die Städtische Baudirektion hat daher 1934 eine erste Studie für einen modernen Ansprüchen genügenden Flughafen auf der Ebene bei Ecublens ausarbeiten lassen, die 1940/41 von ihr in Verbindung mit der Direktion der Militärflugplätze zu einem sorgfältig durchgearbeiteten Projekt erweitert worden war. 1942 hiess der Gemeinderat den Entwurf einer Vereinbarung zwischen der Eidgenossenschaft und der Stadt gut, die die Verwendung des projektierten Flughafens für die militärische und zivile Fliegerei regelt, worauf mit dem Landkauf begonnen wurde. Heute ist fast das gesamte