

Platten aus modifiziertem Müllgrundstoff nach Verfahren Jetzer: Ergebnisse von Untersuchungen technischer Eigenschaften

Autor(en): **Kühne, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **92 (1974)**

Heft 23

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72388>

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.

zogenen Stahlwasserbaufirmen AG Conrad Zschokke, Döttingen, und Wartmann & Cie AG, Brugg, eingebrachten Verschlussstypen-Vorschläge sowie einem den Gegebenheiten angepassten Vorprojekt des beauftragten Ingenieurbüros wurden von der VAWE detaillierte hydraulische und eismechanische Versuche durchgeführt. Diese stellten die Funktionsfähigkeit und Realisierbarkeit der vorgeschlagenen Eiswehr-Konstruktion unter Beweis.

Dass die Retentionsanlage als Voraussetzung für die Verwirklichung des südlichen Astes des Zürcher Expressstrassen-Konzeptes nach einer etwa achtjährigen Planungs-, Versuchs- und Projektierungsphase schliesslich in den Jahren 1968 und 1969 gebaut und Ende 1969 dem Betrieb übergeben werden konnte, ist in weitgehendem Masse der Initiative von Kantonsingenieur *H. Stüssi* zu verdanken. Seine engsten Mitarbeiter unterstützten ihn dabei wirkungsvoll und trugen sowohl während der Planungs- als auch in der Ausführungsphase wesentlich zum Gelingen des Werkes bei.

Es ist mir ein Bedürfnis, sämtlichen an Projekt und Bauausführung Beteiligten für die fruchtbare Zusammenarbeit zu danken. Möge dies ein gutes Omen für den zukünftigen Betrieb der Eisretentionsanlage sein.

Adresse des Verfassers: *Eduard Marth*, dipl. Ing. ETH, SIA, Ingenieurbüro Eichenberger AG, Sumatrastrasse 22, 8006 Zürich.

Am Bau Beteiligte

Bauherr: Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich

Oberbauleitung: Tiefbauamt des Kantons Zürich

Projekt und Bauleitung: Ingenieurbüro Eichenberger AG, Zürich, im Rahmen der Ingenieurgemeinschaft Sihlexpressstrasse Zürich, gebildet von den beiden Zürcher Ingenieurbüros Soutter & Schalcher und Hans Eichenberger (jetzt: Schalcher und Partner - Eichenberger AG)

Hydraulische und eismechanische Untersuchungen: VAWE, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH Zürich (jetzt VAW, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich)

Flussbauliche Grundlagen, Unterlagen früherer Eisgänge: Tiefbauamt des Kantons Zürich, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau

Geologische Untersuchungen, Grundwasserprobleme: Geologisches Büro Prof. Dr. Heinrich Jäckli, Zürich

Tiefbauunternehmung für die Wehranlage und die Dammbauten: Locher & Cie. AG, Zürich

Stahlbauunternehmung für die Projektierung, Lieferung und Montage der beweglichen Wehrverschlüsse: AG Konrad Zschokke, Döttingen (jetzt Zschokke Wartmann AG, Brugg)

Literatur

[1] *Christian Taubmann*: Modellversuche für das Eisretentionsbecken in der Sihl (folgt in einem der nächsten Hefte der «Schweizerischen Bauzeitung»).

[2] *Lothar J. Streuli*: Die beweglichen Verschlüsse für das Eiswehr in der Sihl (folgt in einem der nächsten Hefte der «Schweizerischen Bauzeitung»).

Platten aus modifiziertem Müllgrundstoff nach Verfahren Jetzer DK 628.443:691.31

Ergebnisse von Untersuchungen technischer Eigenschaften, ausgeführt an der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Dübendorf und St. Gallen. Versuchsetappe 1972/73. Bericht erstattet durch Prof. *H. Kühne*, EMPA, Dübendorf

Vorwort

Im Jahre 1971 gelangte das Eidg. Amt für Umweltschutz (AfU) an die Eidg. Materialprüfungsanstalt (EMPA), um Pressplatten aus nach dem Jetzer-Verfahren aufbereitetem Müllgrundstoff hinsichtlich ihrer bautechnischen Anwendbarkeit untersuchen und beurteilen zu lassen. Erstes Ziel der Untersuchungen war, eine Grundlage für eine Marktstudie zu schaffen, welche die Möglichkeiten eines wirtschaftlichen Einsatzes solcher Platten im Bauwesen ergründen soll.

Es wurde dabei geltend gemacht, dass von seiten der Allgemeinheit, im besonderen des Umweltschutzes, ein sehr grosses Interesse besteht, Verwendungsmöglichkeiten von Siedlungsabfällen zu fördern, besonders aber solche Verfahren, welche eine nutzbringende Reintegration der grossen Müllmengen oder wenigstens eines Teiles davon erlauben («Recycling»).

Auf Grund eines von der EMPA erstellten, mit dem AfU und dem Institut für Wirtschaftsforschung an der ETH (Prof. Dr. *O. Angehrn*) bereinigten Versuchsprogramms, konnten die Versuche 1972 im Auftrag des AfU in Angriff genommen werden. Der Berichterstatter übernahm die Federführung über die an der von ihm geleiteten Abteilung Holz und den Abteilungen für Akustik (Prof. Dr. *A. Lauber*), für Bauphysik (Ing. *R. Sagelsdorff*), für organische Chemie (Dr. *K. Banholzer*) und für Werkstoffbiologie (Prof. Dr. *O. Wälchli*) durchgeführten Untersuchungen. An den chemisch-analytischen Arbeiten war auch die Müllabteilung (Dr. *W. Obrist*) der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz in Dübendorf (EAWAG) beteiligt.

In den folgenden Ausführungen sind die Versuchsergebnisse dieser ersten, bis Anfang 1974 fertiggestellten Untersuchungsetappe zusammengefasst und kommentiert. In diesem Rahmen erschien es nicht sinnvoll, die gesamten ver-

suchsmethodischen Einzelheiten nochmals aufzurollen. Durch Angabe (EMPA Nr. ... und Datum) ist bei den einzelnen Ergebnissen auf die entsprechenden Untersuchungsatteste hingewiesen, welche Angaben hierüber wie auch die Einzelergebnisse enthalten.

Versuchsmaterial

Das Versuchsmaterial, durchwegs in Plattenform, wurde von der Firma Jetzer Engineering, Neuenhof, zur Verfügung gestellt. Der grösste Teil der Platten war in zwei verschiedenen industriellen Holzspanplatten-Fabrikationsanlagen versuchsweise hergestellt worden (Platten A und B). Ergänzend wurden einige zusammengesetzte (C/D) und neun nachträglich besonders hergestellte Plattensorten (E bis N) untersucht. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die zur Verfügung stehenden Plattentypen mit einigen Herstellungsdaten. Das Aussehen der hauptsächlich untersuchten Platten ist aus Bild 1 ersichtlich.

In den vorliegenden Ausführungen ist auf die einzelnen Plattentypen nur dort Bezug genommen, wo entweder nicht alle Plattentypen untersucht wurden oder wo sich in den Eigenschaften eine deutliche Differenzierung ergab.

Die chemische Charakterisierung von Proben des angelieferten Materials durch die EAWAG zeigte u. a., dass die Trockensubstanz des schwach alkalisch reagierenden Materials je nach Holzanteil gewichtsmässig zu etwa einem Drittel bis zur Hälfte aus Zellulose besteht. An anorganischen Bestandteilen (unter anderem Metalle, Sand, Glas) sind rund 20 bis 25 Gew.-% enthalten. Interessant ist die Tatsache, dass der Stickstoffanteil nicht wesentlich grösser ist als aus dem Kunststoff-Bindemittelanteil zu erwarten. Das bedeutet, dass die leicht zersetzlichen Eiweisskomponenten des Rohmülls beim Vorkompostieren und durch das Jetzer-Aufbereitungsverfahren weitgehend abgebaut wurden.

Das angelieferte Material wies trotzdem einen deutlichen, leicht üblen, wenn auch nicht penetranten Geruch auf, der sich hauptsächlich in geschlossenen Laborräumen deutlich bemerkbar machte. Man ist den Ursachen dieser Geruchsbildung nachgegangen und konnte in der Folge einige Komponenten dieses Geruchs (u.a. Zersetzungsprodukte des Harnstoffharz-Bindemittels wegen zu hoher Presstemperaturen, Styrol aus Kunststoffabfällen usw.) identifizieren (EMPA Nr. 17315/2 vom 20.2.73 und 17315/3 vom 28.2.74), die im Herstellungsvorgang besser ausgeschaltet werden können. Zudem erwies sich bei der versuchsweisen Anwendung solcher Platten in einem Büroausbau, dass der Geruch nicht mehr spürbar war, nachdem die Platten Oberflächenbehandlungen erfahren hatten. Es erscheint möglich, die Geruchsbildung durch den Fabrikationsprozess und die Nachbehandlung der Platten praktisch auszuschneiden.

Das für die Versuche verwendete Material der Fabrikationsgänge A und B wurde bei der Firma Jetzer Engineering durch die EMPA ausgewählt.

Physikalische Eigenschaften

Es wurden einmal das *Feuchtigkeits-Gleichgewicht* und das *Schwind- und Quellverhalten* ermittelt (EMPA Nr. 17315/13 vom 24.9.73). Die Ergebnisse sind in den Bildern 2 bis 4 zusammengefasst. Allgemein ist hierzu zu bemerken, dass bei relativen Luftfeuchtigkeiten über etwa 85% ungünstige Verhältnisse auftreten (Gefügelockerung, Schimmelpilzbildung), die einer Verbesserung bedürfen. Die Schwind- und Quellmasse zeigen parallel zur Plattenebene keine deutlichen Unterschiede in den verschiedenen Richtungen, sind aber bei vorliegendem Material im Mittel mehr als doppelt so gross wie bei Holzspanplatten üblicher Qualitäten. Das Schwinden und Quellen in der Plattendicke ist gross und ergibt hohe irreversible Quell-Anteile, wenn man in den Luftfeuchtigkeitsbereich über etwa 65% hinaufgeht (s. Bild 4).

Entsprechend dem verhältnismässig hohen Schwind- und Quellmass in Plattenebene waren auch die Ergebnisse von Versuchen über das *Stehvermögen* (Verhalten bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsverhältnissen auf beiden Plattenseiten) bei grossen Plattenflächen ungünstiger als bei Holzspanplatten.

Bei einer Materialfeuchtigkeit von rund 5% wurden zwischen 15 und 25 °C mittlere *Wärmeleitahlen* senkrecht zur Plattenebene von 0,125 bis 0,149 kcal/m, h, °C ermittelt (EMPA Nr. 17315/A/1 vom 7.12.72). Diese Zahlen liegen zwischen den Werten leichter Massivhölzer, Holzspan- und Holzwoleplatten einerseits, mittelschweren Massivhölzern, Porenbeton und Holzspanbeton andererseits.

Es wurden auch *Schallabsorptions*-Bestimmungen von Plattenmaterial im Anlieferungszustand (unbehandelte, unveränderte Oberflächen) vorgenommen (EMPA Nr. 17315/B/2 vom 8.12.72). Der gemessene, statistische Schallabsorptionsgrad lag jedoch im wesentlichen unter 0,1, so dass ein Einsatz der Platten als Schallschluckmaterial in der vorliegenden Form nicht sinnvoll erscheint. Die Schallabsorption müsste hierzu ein Mehrfaches der erzielten Werte betragen (über weitere Schalluntersuchungen siehe auch unter «Versuchsergebnisse an Bauelementen»).

Mechanische Eigenschaften

Die ermittelten mechanischen Eigenschaften sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die zugehörigen Untersuchungsberichte sind:

- Druckfestigkeit parallel zur Plattenebene (EMPA Nr. 17315/4 vom 9.2.73)
- Zugfestigkeit quer zur Plattenebene (EMPA Nr. 17315/6 vom 8.12.72)
- Biegefestigkeit und -formänderungsmodul (EMPA Nr. 17315/5a vom 21.5.73)
- Nagel-Auszieh Widerstand (EMPA Nr. 17315/9 vom 22.12.72)

Tabelle 1. Übersicht über das untersuchte Plattenmaterial. Die Typen C bis N wurden nur für einzelne Versuche, nicht für die umfassende Charakterisierung eingesetzt

Plattentyp	Dicke (mm)	Mittlerer Wassergehalt w (%)	Raumgewicht g/cm ³ bezogen auf den links angegebenen Wassergehalt			Herstellungsdaten gemäss Angaben der Jetzer Engineering, Neuenhof
			Min.	Mittel	Max.	
A	~ 25	5,9	0,806	0,831	0,890	3-Schichtplatten mit Phenol-Formaldehyd-Leimung. Leimanteil in den Deckschichten rund 10, in der Mittellage rund 6 Gew.-%. Holzanteil rund 33 Gew.-%
B1	~ 17	6,0	0,769	0,795	0,829	3-Schichtplatten in einem Gang hergestellt mit Harnstoff-Formaldehyd-Leim. Leimanteil in den Deckschichten rund 11, in der Mittellage rund 9 Gew.-%. Holzanteil rund 40 Gew.-%.
B2	~ 24	5,7	0,734	0,777	0,813	
B3	~ 25	5,5	0,831	0,878	0,928	Wie Typen B1/B2, jedoch Holzanteil rund 25 Gew.-%.
B4	~ 25	5,3	0,838	0,870	0,905	Wie Typen B1/B2, jedoch Holzanteil rund 8 Gew.-%.
C	~ 23	5,2	0,752	0,796	0,820	Einfachplatten Typ B2 mit nachträgl. Melaminharz-Beschichtung auf beiden Seiten.
D	~ 74	-	0,785	0,807	0,826	Aus 3 Einfachplatten Typ B3 verleimt und mit Kunstharz-Laminatplatten (Phenolharzgrundlage mit Melamin-Decklage) beidseitig beklebt.
E	~ 25	-		0,880		Deckschichten beidseitig 5 mm dick aus 100 Gew.-% Müllfaserstoff. Mittellage mit 50 Gew.-% Holzanteil.
F	~ 46	-		0,825		Kern aus zwei verleimten Platten (Typ) von je 18 mm Dicke, beidseitig mit 3 mm dicken Hartfaserplatten und 1 mm starken Kunstharzplatten belegt.
G	~ 25	4,3		0,742		Müllrohstoff in modifiziertem Sichtungsvorgang von grösseren Steinen und Glassplittern befreit.
H	~ 75	-		~0,891		aus drei Platten Typ A verleimt
I	~ 77	-		~0,910		Aus 3 Platten Typ A verleimt und beidseitig mit einem 1 mm dicken Kunstharzbelag versehen.
K	~108	-		~0,758		Aus 6 Platten (Typ) von je 18 mm Dicke verleimt.
L	~ 86	-		~0,684		Aufbau: 2 Platten Typ B2, je 22 mm + «Sillan»-Platte (120 kg/m ³) 20 mm + 1 Platte Typ B2 22 mm verleimt.
M	~ 95	-		~0,766		Aufbau: 2 Platten Typ B2, je 22 mm + modifizierte Müllplatte (Grobfraktion) 29 mm + 1 Platte Typ B2, 22 mm.
N	~107	-		~0,652		Aufbau: 2 Platten Typ B2, je 18 mm + Röhrenplatte aus modifiziertem Müllstoff, 35 mm + 2 Platten Typ B2, je 18 mm.

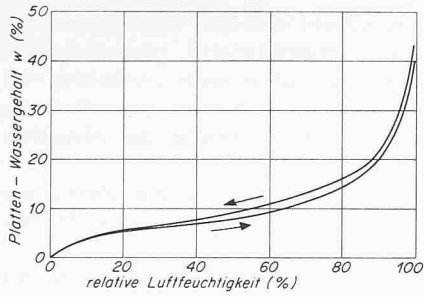


Bild 2. Mittlere Wasserdampf-Sorptionsisothermen für $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

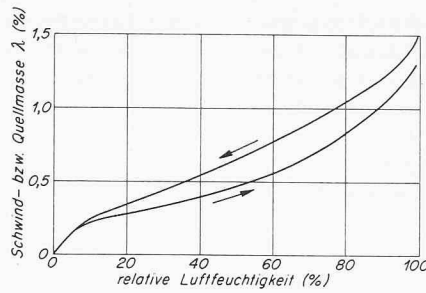


Bild 3. Mittlere Schwind- bzw. Quellmasse in allen Richtungen parallel zur Plattenebene

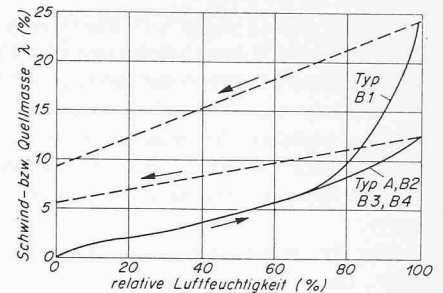


Bild 4. Mittlere Schwind- bzw. Quellmasse in der Plattendicke

- Schrauben-Auszieh Widerstand (EMPA Nr. 17315/10 vom 15.1.73)
- Oberflächenhärte (EMPA Nr. 17315/8 vom 9.2.73).

Die Untersuchungen wurden durchweg als Kurzzeitversuche ausgeführt. Zeitstands- und Pulsversuche wurden bisher nicht vorgenommen.

Kritisch erscheinen bei diesen mechanischen Versuchen hauptsächlich die niedrigen, stark streuenden Zugfestigkeiten senkrecht zur Plattenebene. Diese Eigenschaft ist sowohl hinsichtlich der Gefahr einer Gefügelockerung bei hoher Feuchtigkeit, wie auch im Hinblick auf die Kantenverletzlichkeit massgebend.

Beständigkeit des Materials unter verschiedenen Bedingungen

Die bei Lagerungsversuchen im Laboratorium festgestellte Empfindlichkeit des Materials unter hoher Feuchtigkeit rief nach weiteren Versuchen über das Verhalten unter verschiedenen Klimabedingungen.

Es wurden drei Plattenserien *Wechselagerungen* (I im Freien unter Dach, II im «Atlas-Weather-Ometer» und III unter ungehinderter, natürlicher Wetterbeanspruchung) ausgesetzt. An Proben wurde anschliessend die Veränderung der Biegefestigkeit und des Biege-*E*-Moduls gegenüber dem bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit und 20°C konditionierten Ausgangsmaterial ermittelt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

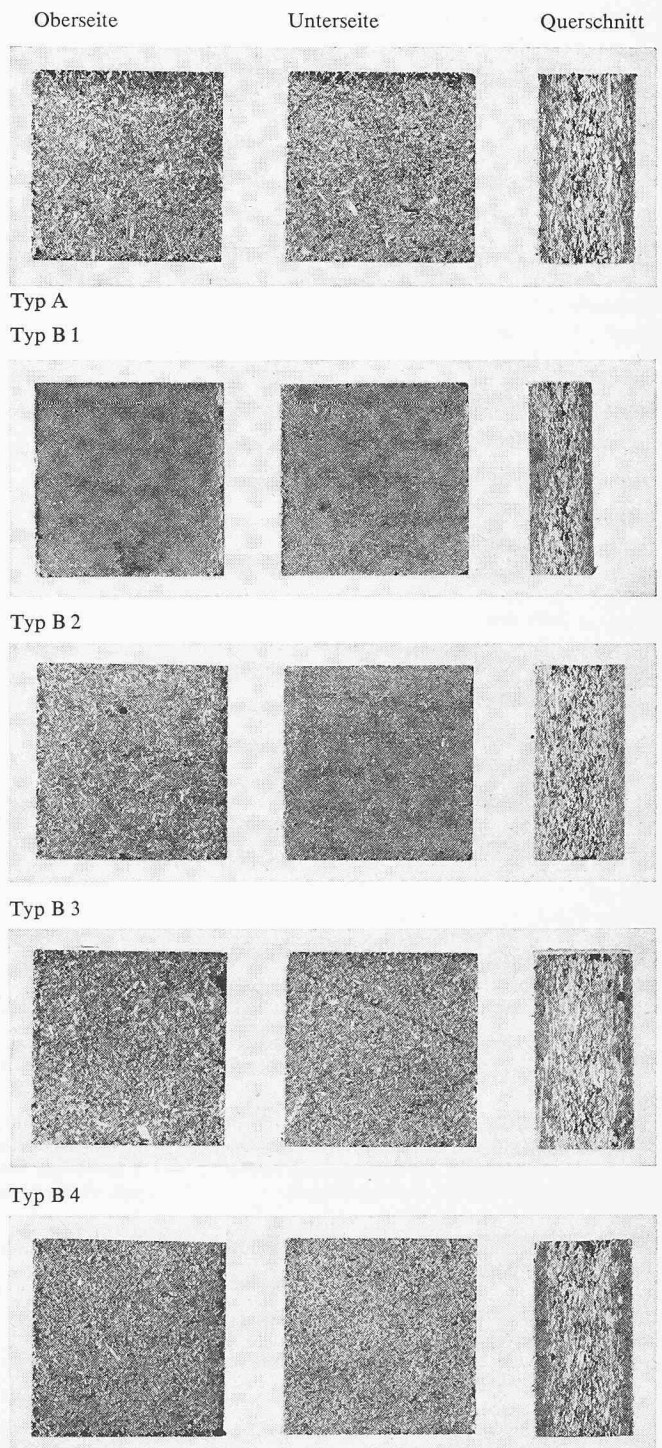
Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass insbesondere der Verformungsmodul durch die Klimawechsel in Mitleidenschaft gezogen wird. Die Festigkeitsverluste andererseits sind prozentual etwas geringer, aber, wenn man von den Ergebnissen der Lagerung im Freien unter Dach absieht, doch auch recht beträchtlich.

Bei der Lagerung ungeschützt im Freien bei abgedeckten Schnittkanten traten folgende äussere Veränderungen auf: Bombierung nach aussen, Graufärbung mit örtlichen, schwärzlichen Schimmelpilzflecken, Rauwerden der Oberfläche, bei einzelnen Probeplatten stärkere, örtliche Unebenheiten.

Es war auch die biologische *Beständigkeit gegen Bakterien, Pilze und Insekten* zu überprüfen. Die im Labor der Abteilung für Werkstoffbiologie der EMPA in St.Gallen vorgenommenen Laborversuche zeigten zusammenfassend folgende Ergebnisse:

Das *Verhalten hinsichtlich Bakterienbesiedlung* (EMPA Nr. 6455/4 (B) vom 27.8.73) wurde an den Plattentypen A, B2 und B4 sowie vergleichsweise an einer handelsüblichen, harnstoffharzgebundenen Holzspanplatte untersucht. Dabei wurden die Platten sowohl in nicht sterilisiertem Zustand auf Keimentwicklung unter feuchten (100% rel. Luftfeuchtigkeit bei 30°C, Serie I) und trockenen Verhältnissen (65% rel. Luftfeuchtigkeit bei 20°C, Serie II), getestet, wie auch nach Sterilisation mit Propylenoxid und anschliessender Lagerung bei 95% rel. Luftfeuchtigkeit und 30°C (Serie III).

Bild 1. Aussehen der Plattentypen im Massstab 1:2



In der Serie I zeigte sich die stärkste Entwicklungsintensität. Bei Serie II war keine deutliche Entwicklung feststellbar. Bei Serie III verlief die Bakterienentwicklung grundsätzlich ähnlich wie bei Serie I, jedoch stabilisierte sich der Vorgang zwischen 10^4 und 10^5 Keimen/g Material nach 14 bis 28 Tagen, während diese Stabilisierung bei Serie I im selben Zeitraum zwischen 10^6 und 10^7 Keimen/g Material eintrat.

Bei den aufgetretenen Bakterienarten handelt es sich um solche, die in der Luft normalerweise allgemein vorhanden sind. Hinsichtlich Bakterienart und -entwicklung ergaben sich

keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Platten aus Müllgrundstoff und der vergleichsweise herangezogenen Holzspanplatte. Es haben sich daher keine Anhaltspunkte ergeben, welche bakteriologische Bedenken gegenüber der Verwendung der Platten in der Umgebung des Menschen aufkommen liessen.

Das Verhalten gegenüber holzerstörenden Pilzen und Schimmelpilzen (EMPA Nr. 47/6455/1P und 47/6455/25, beide vom 7. 8. 73, sowie Nr. 6455/2P vom 13. 12. 73).

Die Untersuchungen ergaben zunächst, dass bei der Überprüfung der Schimmelpilzanfälligkeit geimpfte und un-

Tabelle 2. Mechanische Kurzzeiteigenschaften der Platten bei einem Wassergehalt $w = 7,1$ bis $8,4$ %. Mittelwerte aus mindestens je 6 Einzelversuchen. An₃ Plattentypen E, F, G wurden keine mechanischen Versuche vorgenommen. In den verschiedenen Richtungen parallel zur Plattenebene wurden keine massgeblichen Unterschiede der mechanischen Eigenschaften festgestellt

Eigenschaft	Mittelwerte für Plattentypen							
	A	B1	B2	B3	B4	C	D	
Druckfestigkeit bei Beanspruchung in Plattenebene	kp/cm ²	127	137	153	120	89	97	142
Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	kp/cm ²	2,8	3,0	4,3	2,2	1,7	—	—
Biegefestigkeit	kp/cm ²	119	166	149	101	77	105	—
Biege-Formänderungsmodul	kp/cm ²	14900	23380	21440	13820	11070	18990	—
Nagel-Auszieh Widerstand senkrecht zur Plattenebene kp/cm Haftlänge								
Nagel 2,2/ 50 mm		20,5	17,6	22,5	16,7	14,4	—	—
3,1/ 80 mm		21,1	20,0	20,4	16,4	14,0	—	—
4,5/120 mm		28,5	26,0	27,3	24,6	20,1	—	—
parallel zur Plattenebene kp/cm Haftlänge								
2,2/ 50 mm		8,1	7,5	8,8	7,3	6,1	—	—
3,1/ 80 mm		6,3	6,6	7,2	6,4	5,3	—	—
4,0/100 mm		4,5	0,9 ¹⁾	3,3	4,6	4,5	—	—
Schrauben-Auszieh Widerstand senkrecht zur Plattenebene kp/cm Haftlänge								
Schraube 3/30 mm		46,6	64,3	54,4	48,2	41,8	—	—
4/40 mm		65,6	67,3	58,8	55,9	49,1	—	—
5/50 mm		93,0	82,4	91,7	77,3	69,6	—	—
parallel zur Plattenebene kp/cm Haftlänge								
Schraube 3/30 mm		22,1	35,0	35,8	22,3	15,9	—	—
4/40 mm		29,4	34,6	29,7	23,4	19,5	—	—
5/50 mm		44,2	44,9	39,7	36,5	28,5	—	—
Oberflächenhärte kp/mm ²								
Kugel \varnothing 30 mm, P = 200 kg		2,4	2,9	3,4	2,6	2,1	2,2	6,6

¹⁾ Bei Plattentyp B1 wich der grösste Nagel beim Einschlagen seitlich aus, was zu einem Aufspalten und geringem Auszieh Widerstand führte.

Tabelle 3. Einfluss verschiedener Lagerungsbedingungen auf Biegefestigkeit und Biege-Formänderungsmodul «E», EMPA Nr. 17315/5a vom 21. 5. 73. (Die Versuche für Kolonnen II und III wurden mit Plattenabschnitten ausgeführt, deren Schnittkanten abgedeckt waren)

Plattentyp	Veränderung der Werte von Biegefestigkeit- und Biege-Formänderungsmodul «E» in % gegenüber den Versuchsergebnissen an bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit konditioniertem Material im Ausgangszustand					
	I nach 5½-monatiger Lagerung im Freien unter Dach und anschliessender 2-monatiger Konditionierung bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit		II nach künstlicher Bewitterung im «Atlas-Weather-Ometer» und anschliessender 2-monatiger Konditionierung bei 20 °C und 60 % rel. Luftfeuchtigkeit		III nach 1 Jahr natürlicher Bewitterung unter 45° nach Süden und anschliessender, 2-monatiger Konditionierung bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit	
	σ_B	«E»	σ_B	«E»	σ_B	«E»
A	- 7 (- 1)	-32 (-27)	-34 (-22)	-56 (-45)	-31 (-21)	-54 (-45)
B1	-16 (-11)	-35 (-33)	-54 (-42)	-70 (-59)	-65 (-55)	-80 (-74)
B2	-20 (-17)	-34 (-34)	-52 (-41)	-65 (-58)	-59 (-52)	-75 (-72)
B3	- 9 (- 4)	-34 (-31)	-30 (-29)	-58 (-49)	-26 (-19)	-53 (-47)
B4	- 3 (0)	-31 (-31)	-22 (-14)	-47 (-40)	-24 (-19)	-53 (-50)
C	-16 (-12)	-27 (-23)	-41 (-26)	-69 (-60)	-19 (- 6)	-26 (-25)

Zahlen ohne Klammer: bezogen auf effektive Materialabmessungen nach dem Lagerungsprozess

Zahlen in Klammer: bezogen auf die Materialabmessungen vor dem Lagerungsprozess

geimpfte Proben ähnlichem Schimmelbewuchs unterlagen, was bedeutet, dass das Material von vornherein von einer normalen Schimmelpilzflora infiziert ist. Die unter der Einwirkung der Schimmelpilze eingetretenen Gewichtsverluste liegen bei den Platten aus Müllgrundstoff deutlich höher als bei der Vergleichs-Holzspanplatte. Den grössten Gewichtsverlust (d.h. den stärksten Abbau) erlitt das Material B4 mit dem geringsten Holzanteil. Vergleicht man diese Ergebnisse mit jenen der Versuche mit holzerstörenden Pilzen, dann ergibt sich ein entgegengesetztes Bild. Der Angriff durch holzerstörende Pilze ist um so grösser, je grösser der Holzanteil ist. Verglichen mit der Holzspanplatte, erweisen sich hier die Platten aus Müllgrundstoff als widerstandsfähiger.

Diese Untersuchungen hinsichtlich der Einwirkung holzerstörender Pilze wurden auch noch nach vier Monaten Windkanalalterung an den Proben A, B2 und B4 wiederholt. Es ergaben sich dabei keine bedeutenden Änderungen des Verhaltens der Plattenmaterialien gegenüber holzerstörenden Pilzen.

Die *Resistenz gegen holzerstörende Insekten* wurde mit Eilarven und älteren Larven des Hausbockes (*Hylotrupes bajulus*) und älteren Larven des Parkettkäfers (*Lyctus brunneus*) untersucht.

Bei den Versuchen mit Hausbock-Eilarven wurden im Ausgangszustand der Materialien und nach vier Monaten Windkanalalterung praktisch gleichartige Ergebnisse erzielt. Nur ein kleiner Teil der angesetzten Larven vermochte sich einzubohren und die vier Wochen Versuchszeit zu überstehen. Die Vergleichs-Holzspanplatte verhielt sich etwas ungünstiger.

Auf Grund der Beobachtungen bei den Versuchen mit älteren Hausbock- und Parkettkäfer-Larven kann geschlossen werden, dass die Platten aus Müllgrundstoff für eine längere Ernährung der Insektenlarven keine ausreichende Grundlage bieten.

Als wichtiges bautechnisches Merkmal der Platten wurden auch die Brandeigenschaften nach den neuen «Brand-schutztechnischen Richtlinien der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungsanstalten», Bern (Entwurf 21.1.72), ermittelt. Die Versuchsergebnisse führten zu folgender, *brandschutztechnischer Materialklassierung*:

Typ	Brandkennziffer	
A	V/3	Dabei bedeuten:
B1	IV/3	IV mittelbrennbar
B2	IV/3	V schwerbrennbar
B3	V/3	3 schwache Qualmbildung
B4	V/3	

(EMPA Nr. 17315/C/1a-e, alle vom 16.10.1972).

Das Ergebnis deutet darauf hin, dass bei höheren Holzanteilen eine Verschiebung von schwer- auf mittel- brennbar eintritt.

Bauteil-Prüfungen

Die *Feuerwiderstandsfähigkeit* wurde an zwei verschiedenen Spezialplatten (s. Tabelle 1, E und F) mit einer Abmessung von 95 × 115 cm untersucht (EMPA Nr. 17315/C2 und 3, beide vom 16.10.72). Der nach der «Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften» (Ausgabe 1971) zugelassene Anstieg der mittleren, kaltseitigen Oberflächentemperatur von 140 °C über den Anfangswert ergab sich bei der 25 mm dicken Platte E nach 33½ Minuten Brenndauer bei einer Temperatur auf der Ofenseite von 840 °C, bei der 46 mm dicken Platte F nach 65 Minuten Brenndauer bei einer Temperatur auf der Ofenseite von 945 °C. Die Platte E erlitt dabei Durchbiegungen im Rahmen von -0,5 bis +7 mm, die Platte F von -7,6 bis +2,5 mm.

Ferner wurden an 6 Wandelementen, H bis N, Untersuchungen über die *Luftschallübertragung* vorgenommen (EMPA Nr. 17315/B1 vom 8.12.72). Die geprüften Wandelemente hatten eine freie Flächenabmessung von 106 × 213 cm. Die aus mehreren Schichten zusammengesetzten Plattentypen H bis N sind in Tabelle 1 charakterisiert. Es ergaben sich für die Schalldämmung folgende Werte des Luftschall-Isolationsindex *I*:

Typ H	38 dB	Typ L	49 dB
Typ I	39 dB	Typ M	39 dB
Typ K	38 dB	Typ N	37 dB

Es nähert sich also nur der Typ L mit eingebauter Sillanplatte den 52 dB der Normkurve. Durch geringe Verschiebungen der Dicke und Schichtproportion lässt sich aber aus Typ L ein der Normkurve entsprechender Typ entwickeln.

Beobachtungen bei der Verarbeitung

Bei der Ausarbeitung des Probematerials mit einem hartmetallbestückten Kreissägeblatt fiel die sehr unregelmässige, z.T. sehr kurze *Werkzeugstandzeit* auf. Eine nähere Untersuchung ergab, dass es sich dabei nicht um eine normale Abnutzung der Schneiden, sondern um ein örtliches Abschlagen von Schneideteilen durch im Material enthaltene Steine oder Glassplitter handelte.

Die Firma Jetzer Engineering hat dieses Problem sofort aufgenommen und nach Versuchen über eine vollständige Reinigung des Müllrohstoffes von anorganischen Bestandteilen neue Platten (E) angeliefert, an denen Anfang 1974 Schnittversuche durchgeführt werden konnten. Es wurden an der EMPA insgesamt 1 km Schnittlänge mit einem neuen, hartmetallbestückten Kreissägeblatt ausgeführt. Das Blatt wurde nach je 250 m Schnitt untersucht. Die Kreissägeschnitten wiesen auch nach 1 km keine Schlagverletzungen oder Scharten auf. Die Schneiden waren leicht in gleichmässiger Form abgenutzt, das Blatt aber noch nicht unbedingt zum Überschleifen reif (der diesbezügliche Untersuchungsbericht ist noch nicht ausgefertigt). Bei der mechanischen Verarbeitung machte sich eine ziemlich starke *Geruchs- und Staubbildung* bemerkbar. Auf Grund der weiter oben erwähnten Abklärungen scheint die Aussicht vorhanden, dass die Geruchsbildung vermindert werden kann. Der Staubentwicklung wird man mit besonderen Absaugvorrichtungen und allenfalls mit Schutzmasken begegnen müssen.

Beim Transport und Stapeln erleiden die Platten leicht *Kantenbeschädigungen*, die zu nicht unerheblichen Verlusten führen können. Man wird bestrebt sein müssen, die Querszugfestigkeit noch zu verbessern und im weiteren Transport- und Stapelvorrichtungen zu schaffen, welche nicht zu Kantenbeanspruchungen führen.

Erste Versuchsergebnisse in Anwendungsgebieten

Ein erster von der Firma Jetzer Engineering ausgeführter Versuch, mit Kunststoffen beschichtete Platten als *Betonschalungen* einzusetzen, scheiterte an der verhältnismässig geringen Strapazierfähigkeit der Platten (geringe Querszugfestigkeit, Kantenempfindlichkeit, geringe Biegefestigkeit und -steifigkeit). Ein Teil der Platten war schon nach dem ersten Ausschalen nicht mehr verwendbar, der Rest praktisch nach dem zweiten Ausschalen. In der vorliegenden Ausführung düfteten die Platten daher nicht für eine solche Anwendung in Frage kommen.

Dank dem Entgegenkommen der Firma Ernst Göhner AG konnte im Herbst 1973 in Neuenhof ein Baubüro mit *Zwischenwänden* versehen werden. Der Aufbau der Wandplatten, die in diesem Fall keine schalldämmende Funktion

ausüben müssen, wurde zur Hauptsache aus je zwei Platten mit dazwischen liegendem Rost aus dem gleichen Material verleimt.

Die Zwischenwände sind unten in einer genuteten Holzlatte, oben in einer gefälzten Holzlatte mit einseitiger Halteleiste angeschlagen. Es werden auch verschiedene Variationen von Oberflächenbehandlungen und -beschichtungen mit erprobt, ferner auch verschiedene Plattenstoss-Ausbildungen, siehe hierzu Bild 5. Im selben Büro wurden die Platten ferner als nichttragende und tragende Unterlagsböden sowie mit Kunstharz-Beschichtungen als *Fenstersimse* eingesetzt. Bisherige Beobachtungen ergeben, dass offenbar dem Schwinden und Quellen der Platten an den Stössen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Ferner war nach Fertigstellung des Einbaus der Plattengeruch nicht mehr wahrnehmbar. Beim Einbau traten keine besonderen, durch die Platten bedingten Probleme auf.

Vorläufige zusammenfassende Folgerungen

Wie jedes neue Material, zeigen die Platten aus modifiziertem Müllgrundstoff gegenüber seit langem bekannten Baustoffen Unterschiede in den technischen Eigenschaften. Aus diesen Unterschieden kann man zweierlei Folgerungen ziehen, nämlich

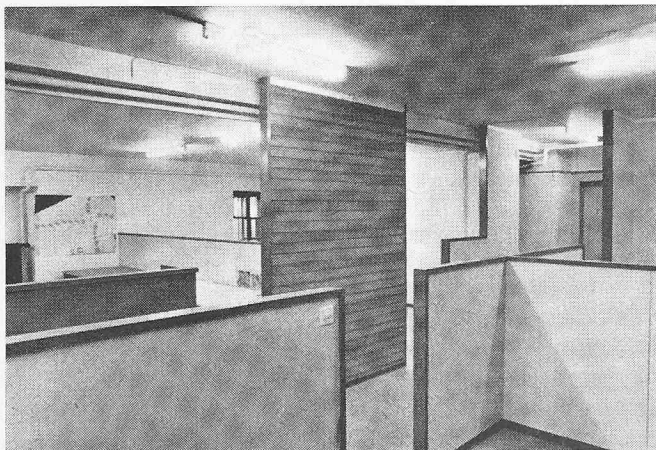
- a) Die Abgrenzung der Anwendungsgebiete wird nicht ganz die gleiche sein wie bei einem vielleicht ähnlichen Material, im vorliegenden Fall etwa bei den Holzspanplatten.
- b) Gewisse Schwächen, welche die Anwendung zu sehr einschränken oder zu risikoreich machen, müssen verbessert werden, z. B. durch Verbesserung der Herstellungstechnik und Modifikationen in der Art des Rohmaterials.

An dieser Stelle sei zunächst der Punkt a) behandelt, und zwar aus rein technischen Erwägungen und aus der Sicht des bisher untersuchten Materials heraus, das hier noch durchaus als Versuchsprodukt angesprochen werden muss. Folgende Merkmale der untersuchten Platten zwingen massgebend zu vorläufigen *Einschränkungen im Anwendungsgebiet*:

Die Feuchtigkeitsempfindlichkeit lässt nur eine Anwendung unter trockenen Verhältnissen mit möglichst wenig schwankendem Klima zu. Aus dem gleichen Grund ist das Material auch bei Transport, Lagerung und Montage vor Regen und extremer Feuchtigkeitseinwirkung zu schützen. Es kommt daher vorläufig nur eine Anwendung im Innenausbau in Frage.

Es dürfte fragwürdig sein, dem Material massgebliche Tragfunktionen zuzumuten, es sei denn Druckbeanspruchung senkrecht zur Plattenebene.

Bild 5. Blick in das mit Zwischenwänden aus zusammengesetzten Platten, hauptsächlich des Typs B 2, erstellte Baubüro in Neuenhof



Bei der konstruktiven Durchbildung muss den verhältnismässig grossen Schwind- und Quellenbewegungen Rechnung getragen werden.

Besondere Vorteile könnten im Vergleich zu Holzwerkstoffen die etwas günstigeren Entflammungseigenschaften der Typen A, B3 und B4 bieten.

Ferner könnte das verhältnismässig hohe Raumgewicht bei Kombination mit Schichten anderer Materialien niedrigen Raumgewichts günstige Dämmungsverhältnisse für Luftschalldurchgang bieten. Dabei müssten aber die Probleme der Stossfugen wegen der Schwind- und Quellvorgänge besonders gelöst werden.

Wenn man diese Gedanken zusammenfasst, dann kommt man zum Schluss, dass das neue Material mit den vorliegenden Eigenschaften am ehesten für Innenwände zwischen trockenen Räumen und für Unterlagsböden unter konstanten, trockenen Verhältnissen in Frage kommen könnte. Diese Möglichkeit wurde ja auch bei dem vorerwähnten Büro-Innenausbau in erster Linie angegangen.

Zur Fragestellung b) scheinen dem Berichtersteller folgende Bemerkungen am Platze:

Es muss festgehalten werden, dass das an sich erstaunliche Phänomen des Gelingens einer Plattenherstellung in bestehenden, industriellen Fabrikationsanlagen, sozusagen auf den ersten Anhieb, nicht die Sicht auf die Notwendigkeit gewisser Verbesserungen verdecken darf. Als kritischste Schwäche des Materials ist die Feuchtigkeitsempfindlichkeit anzusehen und mit ihr das starke Schwinden und Quellen. Dieser Problembereich sollte von vier Seiten angegangen werden, nämlich durch Zusatz von Stoffen, die feuchtigkeitshemmend wirken, durch Verbesserung der inneren Kohäsion des Materials (Erhöhung der Querkzugfestigkeit), durch Einbau von schimmelpilzhemmenden Chemikalien und durch Abdeckungsmaßnahmen auf den Plattenflächen, ganz besonders aber an den Schnittkanten.

Von der Lösung dieser Probleme profitieren auch andere Eigenschaften, so etwa die mechanischen.

Im Hinblick auf Anwendungsgebiete stellt sich dann ferner die Frage eines differenzierteren Sortiments, so etwa die Herstellung von dickeren Platten, von Produkten mit unterschiedlichen Decklagen oder -schichten usw.

Abschliessend seien in diesem Zusammenhang nochmals die bereits mit einem gewissen Erfolg angegangenen Probleme der Geruchsbeseitigung und der Elimination von Steinen und Glasscherben zur Ermöglichung angemessener, mechanischer Verarbeitung erwähnt.

Weitere Versuchsvorhaben

Es sind bereits neben der periodischen Beobachtung der Innenwände des Baubüros in Neuenhof weitere Versuchsvorhaben in Vorbereitung. So sollen wiederum umfassendere Untersuchungen an dickeren, industriell versuchsweise gefertigten, modifizierten Platten vorgenommen werden. An einem auf dem EMPA-Gelände in Dübendorf erstellten Versuchshaus sollen ferner Messergebnisse und Erfahrungen über das bauphysikalische Verhalten unter natürlichen Bedingungen gewonnen werden.

Schlussbemerkung

Ein erster, gründlicher Schritt zur Abklärung aus technischer Sicht scheint uns damit getan. Aus seinen Schlussfolgerungen öffnet sich der Weg zur notwendigen technischen Weiterentwicklung und zur sorgfältigen Bearbeitung der marktanalytischen und ökonomischen Probleme. Möge das Werk im Interesse unserer Umwelt gelingen!

Adresse des Verfassers: Prof. H. Kühne, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA), 8600 Dübendorf, Überlandstrasse 129.