

FRANCISZEK KRZYSIK

Mechaniczna Stacja Doświad. P. Lw.

## Badania nad wytrzymałością skrzyń.

### *Festigkeitsprüfung von Kisten.*

Skrzynie stanowią jeden z ważnych sortymentów przemysłu drzewnego. Były one do niedawna traktowane jako sortyment uboczny produkcji tartacznej, a do wyrobu ich stosowano niemal wyłącznie odpady tartaczne. W związku ze stałym wzrostem zastosowania skrzyń dla opakowania różnorodnych towarów rozwijał się coraz intensywniej ten dział produkcji, stosując stopniowo coraz bardziej ulepszone metody pracy i konsumując już nie tylko odpady tartaczne, lecz również znaczne ilości surowca drzewnego w stanie okrągłym.

Przy masowej produkcji bardzo ważną rolę w kalkulacji odgrywa oszczędne zużycie surowca, gdyż zastosowanie desek o kilka *mm* cieńszych daje w rocznej produkcji oszczędności idące w większych zakładach w setki *m*<sup>3</sup> drewna. Jeszcze większą rolę odgrywa możliwość zastosowania wąskich desek do produkcji skrzyń o dużych wymiarach.

Przy fabrykacji skrzyń o większych wymiarach spotyka się najczęściej dwa sposoby pracy. W pierwszym wypadku wykonuje się czoła i ściany boczne skrzyń, a więc elementy stosunkowo wąskie z desek jednodzielnych, dna natomiast posiadające większą szerokość wykonuje się wielodzielnie składając je z kilku deseczek spojonych klamrami z metalowej taśmy falistej. W drugim wypadku stosować można do budowy skrzyń elementy wykonane wielodzielnie z kilku wąskich desek opatrzonych piórem, w kształcie jaskółczego ogona i wpustem, co umożliwi szerokie zastosowanie wąskich desek. Jest to więc metoda umożliwiająca ekonomiczne wykorzystanie surowca. Chodzi tylko o stwierdzenie, czy odnośne skrzynie są pod względem technicznym równoważące ze skrzyniami poprzedniego typu.

## Cel i przedmiot badań.

Celem badań było wyrobienie sobie poglądu na wytrzymałość skrzyń wykonanych dwoma opisanymi wyżej sposobami oraz stwierdzenie technicznej wartości typów skrzyń, różniących się między sobą wykonaniem poszczególnych elementów. Przedmiot badania stanowiły 33 skrzynie do pakowania cukru o wymiarach w świetle  $64 \times 40 \times 22.5$  cm. Skrzynie nadesłane do badania przez Firmę I. Ph. Glesinger w Broszniowie wykonane były w 3 typach; z każdego typu przedłożono 11 skrzyń. Skrzynie poszczególnych typów składały się z następujących elementów:

**Typ I.** oznaczono znakami I/1, I/2, I/3, I/4, I/5, I/6, I/7, I/8, I/9, I/10, I/11.

Czoła skrzyń o grubości 15 mm jednodzielne.

Ściany boczne           "     12     "           "

Dna skrzyń             "     12     "     2—3 dzielne, klamrowane.

**Typ II.** oznaczono znakami II/1, II/2, II/3, II/4, II/5, II/6, II/7, II/8, II/9, II/10, II/11.

Czoła skrzyń o grubości 15 mm jednodzielne.

Ściany boczne           "     12     "           "

Dna skrzyń             "     10     "     spojone i klejone.

**Typ III.** oznaczono znakami III/1, III/2, III/3, III/4, III/5, III/6, III/7, III/8, III/9, III/10, III/11.

Czoła skrzyń o grubości 13 mm spojone i klejone.

Ściany boczne           "     10     "           "           "

Dna skrzyń             "     10     "           "           "

## Metoda i wyniki badania.

Skrzynie narażone są najbardziej na deformację przy kantowaniu w czasie ładowania do wagonów i przetaczania. W związku z tem przeprowadzono badania w dwóch kierunkach:

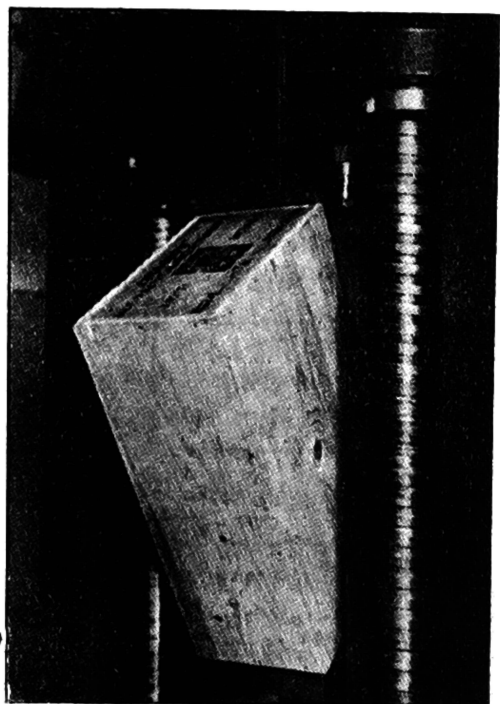
1. Badanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż płaszczyzny przekątnej przy obciążeniu najkrótszej krawędzi (obciążenie krawędziowe).

2. Badanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż przekątnej przy obciążeniu naroży (obciążenie narożnikowe).

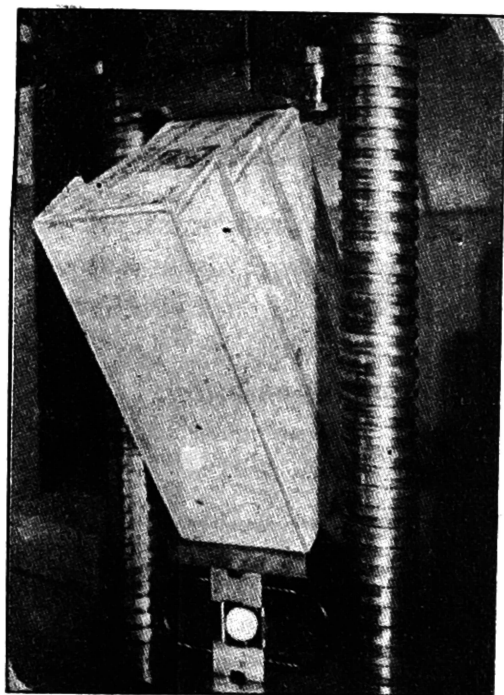
Badania wykonano na maszynie Amslera, obciążenie odczytywano na precyzyjnym dynamometrze. W czasie badania starano się dokładnie obserwować obciążenie przy pierwszej deformacji (odkształceniu) skrzyni, któremu towarzyszy zazwyczaj trzask połączony z przejściowym spadkiem obciążenia. Nie we wszystkich jednak wypadkach zdołano zaobserwować odnośne daty, gdyż w pewnej liczbie

badania pierwsza deformacja wystąpiła w formie nieuchwytnej, lub też pierwsza deformacja pokrywała się z ostateczną deformacją. Za ostateczną uważano deformację, której towarzyszył trwały spadek obciążenia.

W obydwóch metodach badania obciążenie powodowało częściowe ścięcie i wyrwanie gwoździ oraz przesunięcie desek skrzyni, przy czym jednak zarysowały się dość daleko posunięte różnice w przebiegu deformacji poszczególnych skrzyń, nawet w ramach tego samego typu. Różnice takie zarysowują się np. między skrzynią I/1 (Ryc. 3), która pod wpływem obciążenia rozpadła się zupełnie, a skrzynią I/2 (Ryc. 2), w której poszczególne deski zostały przesu-



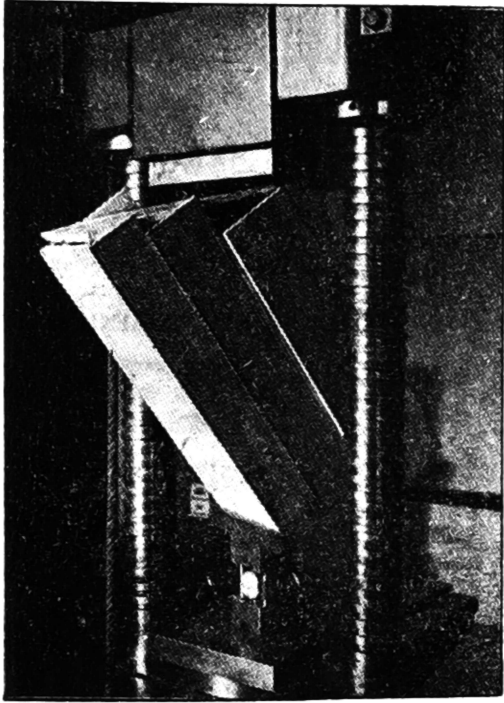
Ryc. 1. Wygląd skrzyni I/2 przy obciążeniu krawędziowym 200 kg.  
*Kiste I/2 bei Kantenbelastung von 200 Kg.*



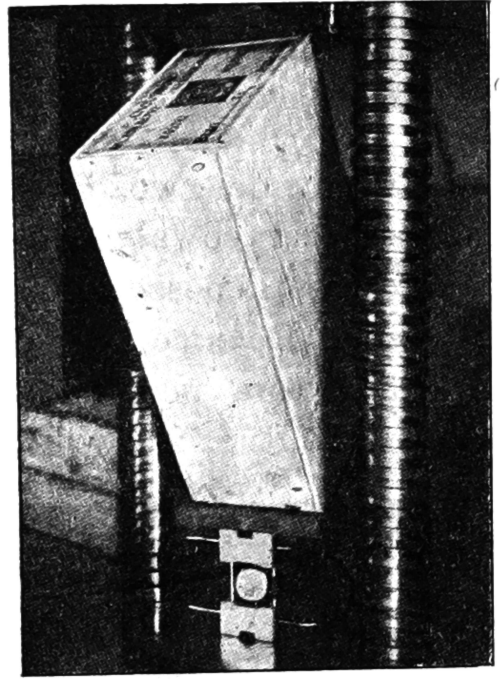
Ryc. 2. Wygląd skrzyni I/2 po przekroczeniu maksymalnego obciążenia 500 kg. — *Kiste I/2 nach Ueberschreitung der Höchstbelastung von 500 Kg.*

nięte względem siebie, lecz skrzynia mimo ostatecznej deformacji objawiającej się spadkiem obciążenia nie uległa zupełnemu zniszczeniu i stanowi jeszcze całość. Różnica ta znajduje swe uzasadnienie w tem, że deformacja skrzyni I/1 nastąpiła gwałtownie w odniesieniu zaś do skrzyni I/2 stopniowo.

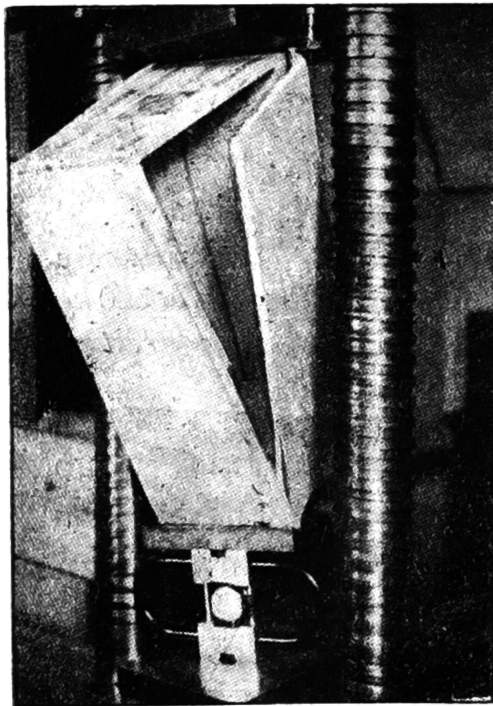
Odmienny typ deformacji przedstawia skrzynia II/2. W poprzednich skrzyniach deformacji uległy przede wszystkim dna, ponieważ ich deski łączone klamrami przesunęły się wzajemnie, natomiast skrzynia II/2, zachowując dna prawie nienaruszone, zwichrowała się pod działaniem nacisku, wskutek czego nastąpiło odchylenie całego dna w bok.



Ryc. 3. Wygląd skrzyni I/1 przy obciążeniu 400 kg; ostateczna deformacja. — *Kiste I/1 bei Kantenbelastung von 400 Kg. Endgültige Deformation.*



Ryc. 4. Wygląd skrzyni II/2 przy obciążeniu 300 kg. — *Kiste II/2 bei Belastung von 300 Kg.*



Ryc. 5. Wygląd skrzyni II/2 po przekroczeniu maksymalnego obciążenia 1.350 kg. — *Kiste II/2 nach Ueberschreitung der Höchstbelastung vom 1.350 Kg.*



Uzyskane przy badaniu wyniki cyfrowe zestawiono w załączonych tabelach.

**Tab. 1. Wyniki przy obciążeniu krawędziowym.**  
*Ergebnisse der Kantenbelastung.*

L. p. skrzyni <i>Signatur der Kiste</i>	Ciężar skrzyni w kg <i>Gewicht der Kiste in Kg</i>	Grubość desek w mm <i>Brettstärke in mm</i>			Obciążenie w kg przy <i>Belastung in Kg bei der</i>	
		czoła <i>Kopf</i>	ściany <i>Seite</i>	dna <i>Boden</i>	pierwszej deformacji <i>ersten De- formation</i>	ostatecznej deformacji <i>endgültigen Deforma- tion</i>
I/1	5·17	13·5	11·9	12·0	280	400
I/2	6·15	15·0	12·2	12·0	—	500
I/3	5·57	14·7	11·2	11·7	220	250
I/4	5·74	14·2	12·1	11·5	150	350
I/5	5·55	13·9	11·6	12·1	200	300
	5·63	Typ I. przeciętnie: <i>Type I. durchschnittlich:</i>			212	360
II/1	5·10	13·4	12·1	9·1	—	870
II/2	5·32	14·6	11·8	10·8	—	1350
II/3	4·75	14·6	11·4	10·3	770	900
II/4	5·00	14·8	12·5	10·4	550	1300
II/5	4·95	14·5	12·0	10·3	790	1500
	5·02	Typ II. przeciętnie: <i>Type II. durchschnittlich:</i>			701	1184
III/1	4·77	13·9	10·5	10·4	600	1200
III/2	4·90	13·2	10·3	9·9	—	1180
III/3	4·80	13·5	10·2	10·0	350	600
III/4	4·70	12·5	10·0	10·3	450	900
III/5	4·78	12·7	10·5	10·5	—	1100
	4·79	Typ III. przeciętnie: <i>Type III. durchschnittlich:</i>			466	996

Poszczególne wyniki uzyskane przy badaniu wytrzymałości na obciążenie krawędziowe wykazują wahania o dużym zakresie, co jednak traktować należy jako objaw normalny dla tak niejednorodnego materiału jakim są skrzynie. Jeśli rozpatrywać będziemy wartości przeciętne, to największą wytrzymałość wykazują skrzynie typu II zbudowane z jednodzielnych czół i ścian, o dnach wielodzielnych, spojonych i klejonych. Na drugim miejscu stoją skrzynie typu III, których wszystkie elementy są wielodzielne, spojone i klejone. Najmniejszą wytrzymałość wykazały skrzynie typu I zbudowane z jednodzielnych czół i ścian, o dnach wielodzielnych, klamrowanych, mimo że skrzynie te zbudowane są z najgrubszych elementów. Wytrzymałość skrzyń typu III i II jest w przecięciu 2·5—3 razy wyższa od skrzyń typu I. Objaw powyższy tłumaczyć należy tem,

Tab. 2. Wyniki uzyskane przy obciążeniu narożnikiem.  
*Ergebnisse der Eckenbelastung.*

L. p. skrzyni <i>Signatur der Kiste</i>	Ciężar skrzyni w <i>kg</i> <i>Gewicht der Kiste in Kg</i>	Grubość desek w <i>mm</i> <i>Brettstärke in mm</i>			Obciążenie w <i>kg</i> przy <i>Belastung in Kg bei der</i>	
		czoła <i>Kopf</i>	ściany <i>Seite</i>	dna <i>Boden</i>	pierwszej deformacji <i>ersten De- formation</i>	ostatecznej deformacji <i>endgültigen Deforma- tion</i>
I/6	6·60	15·2	12·2	12·2	500	600
I/7	5·55	15·0	12·3	12·0	300	420
I/8	5·80	14·8	12·7	12·0	—	420
I/9	5·50	15·0	11·1	12·1	230	290
I/10	5·53	14·9	12·0	12·2	320	400
I/11	5·41	15·0	11·9	12·2	300	340
	5·73	Typ I. przeciętnie: <i>Type I. durchschnittlich:</i>			330	411
II/6	5·10	14·6	11·9	9·6	—	540
II/7	5·60	14·8	12·2	10·9	—	440
II/8	5·30	14·6	12·1	9·8	—	500
II/9	5·00	14·7	10·9	10·6	390	470
II/10	4·95	14·1	12·0	10·0	390	390
II/11	4·85	14·4	11·7	9·6	370	430
	5·13	Typ II. przeciętnie: <i>Type II. durchschnittlich:</i>			383	461
III/6	4·75	12·9	10·3	9·9	450	500
III/7	5·25	13·2	10·7	10·2	—	430
III/8	4·75	13·0	10·5	10·2	—	400
III/9	4·55	12·8	10·2	10·5	170	340
III/10	4·75	13·2	10·3	10·5	200	370
III/11	4·40	13·5	10·4	10·5	330	330
	4·74	Typ III. przeciętnie: <i>Type III. durchschnittlich:</i>			287	395

że przy skrzyniach o dnach wielodzielnych, klamrowanych, każda deska stanowi odrębny element. Pod wpływem obciążenia poszczególne deski dna przesuwają się stosunkowo łatwo wzdłuż siebie, gdyż nie są one tak silnie ściśnięte klamrami, by wywołane tym tarcie utrudnić mogło ich wzajemne przesuwanie się, same zaś klamry przedstawiają w tym kierunku minimalny opór. Wskutek tego każda deska naciska oddzielnie na gwoździe, łączące ją z czołem i łatwo powoduje ścięcie względnie wyrwanie poszczególnych gwoździ.

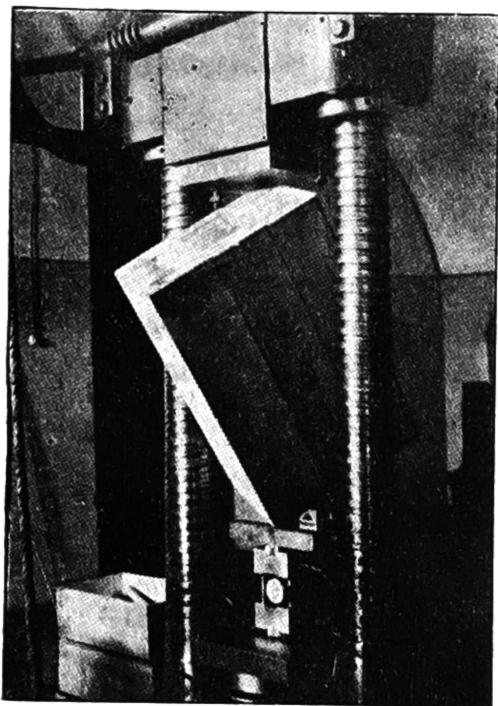
Dna wielodzielne, złożone z desek łączonych na pióro i wpust i klejonych, zachowują się przy obciążeniu jak jedna całość, przesunięcie zaś poszczególnych desek względem siebie wymaga uprzedniego pokonania siły wiążącej kleju. Dzięki temu obciążenie przenosi się równomiernie na wszystkie gwoździe łączące dno z czołem

wskutek czego skrzynia, jako całość, jest bardziej wytrzymała, a deformacja wymaga większego obciążenia.

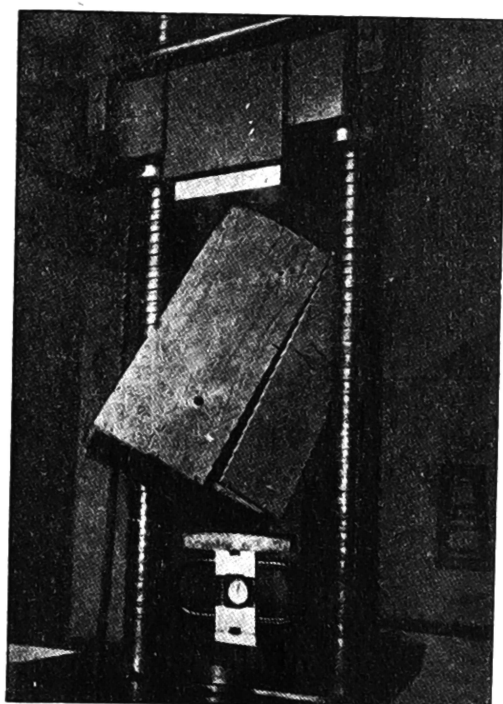
Nieco większą wytrzymałość skrzyń typu II od skrzyń typu III tłumaczyć należy tem, że:

1. Skrzynie typu II zbudowane są z grubszych elementów składowych.

2. W skrzyniach typu III zastosowano wielodzielne czoła spojone i klejone, które w danych warunkach obciążenia łatwiej ulegają deformacji (pękaniu) wzdłuż płaszczyzny spojenia, niż czoła jednodelne, zastosowane w skrzyniach typu II.



Ryc. 6. Badanie wytrzymałości na obciążenie w narożach; skrzynia I/7 przed obciążeniem. — *Festigkeitsprüfung durch Eckenbelastung.*



Ryc. 7. Skrzynia I/7 po przekroczeniu obciążenia maksymalnego 420 kg (skrzynia sfotografowana z przeciwnej strony). — *Kiste I/7 nach Ueberschreitung der Höchstbelastung von 420 Kg.*

Przy obciążeniu naroży zaznacza się również pewna przewaga na korzyść skrzyń typu II, naogół jednak przeciętną wytrzymałość skrzyń poszczególnych typów uważać można za w przybliżeniu równą. Znajduje to swe uzasadnienie w tem, że przy obciążeniu narożnikiem deski den pracują raczej na zginanie, wobec czego odporność na wzajemne przesunięcie odgrywa mniejszą rolę.

Z technicznego punktu widzenia podkreślić należy moment, że do produkcji skrzyń o elementach spojonych i klejonych używać można tylko materiału bardzo dobrze wysuszonego, zawierającego około 10% wilgotności, w przeciwnym bowiem razie proces klejenia nie da się w należyty sposób przeprowadzić.

## Wnioski ostateczne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że skrzyniom wykonanym bądźto w całości, bądźteż częściowo z elementów spojonych i klejonych (typ II i III) należy bezwzględnie oddać pierwszeństwo przed skrzyniami typu I, a to z następujących powodów:

1. Do produkcji skrzyń spojonych i klejonych musi być użyty materiał dobrze wysuszony, wobec czego ewentualne paczenie się i zsychnięcie skrzyń zostaje ograniczone do minimum.

2. Skrzynie typu II i III dają obok większej wytrzymałości także oszczędność na tarze w wysokości 15—20%.

3. Użycie cieńszych desek nie wpływa ujemnie na wartość skrzyni, gdyż skrzynie typu II i III są mimo to trwalsze niż nieklejone skrzynie typu I.

4. Przy produkcji skrzyń spojonych i klejonych możliwe jest bardziej ekonomiczne wykorzystanie surowca drogą zastosowania węższego i cieńszego materiału.

5. Przypuszczać należy, że najlepiej odpowiadałby interesom zarówno producenta, jak konsumenta, typ skrzyni o dnach i ścianach spojonych i klejonych oraz o jednodzielnych czołach. Skrzynie takie wykazałyby prawdopodobnie taką samą wytrzymałość jak skrzynie typu II.

W czasie mej pracy korzystałem z wydatnej pomocy Inż. Popiela za co niniejszem serdecznie dziękuję. Firmie I. Ph. Glesinger dziękuję za bezpłatne nadesłanie skrzyń.

## ZUSAMMENFASSUNG.

Zweck der Studien war die Prüfung der Festigkeit in verschiedener Weise ausgeführter Kisten. Die Festigkeitsprüfung wurde auf 33 Zuckerkisten durchgeführt, welche die Dimensionen  $64 \times 40 \times 22.5$  cm hatten. Für die Untersuchungszwecke wurden Kisten in drei Ausführungen eingesandt und zwar:

Type I. Köpfe einteilig 15 mm stark, Seiten einteilig 12 mm stark, Böden und Deckel 2—3 teilig, geklammert, 12 mm stark.

Type II. Köpfe einteilig 15 mm stark, Seiten einteilig 12 mm stark, Böden und Deckel mehrteilig, gefügt und geleimt, 10 mm stark.

Type III. Alle Kistenteile mehrteilig gefügt und geleimt; Köpfe 13 mm, Seiten, Böden und Deckel 10 mm stark.

Die Festigkeit fertiger Kisten wird bekannterweise am meisten während der Waggonverladung in Anspruch genommen. Mit Rücksicht darauf wurde die Festigkeit der Kisten bei steigender Kanten- und Eckenbelastung untersucht.

Bei Kantenbelastung haben die Kisten der Type II die grösste Festigkeit und Widerstandsfähigkeit aufgewiesen. Darauf folgen die Kisten der Type III. Die kleinste Festigkeit zeigten die Kisten der Type I (Böden und Deckel geklammert), obwohl ihre einzelnen Bestandteile die grössten Stärkedimensionen besitzen. Dies ist dadurch zu erklären, dass bei der Belastung der Kisten mit geklammerten Böden und Deckeln die einzelnen Bretter leicht verschoben werden können, wodurch die Nägel abgeschert oder ausgerissen werden. Die gefügten und geleimten Böden und Deckel bilden dagegen ein Ganzes, welches erst nach der Ueberwindung der Bindungskraft des Leimes zerstört werden kann. Die kleinere Festigkeit der Kisten der Type III ist auf die mehrteilige Struktur der Köpfe zurückzuführen, welche bei der Belastung in der Zusammenfügungsfläche leicht deformiert werden.

Bei der Eckenbelastung wurden nur kleine Festigkeitsdifferenzen zwischen den einzelnen Typen beobachtet. Die grösste Festigkeit haben auch hier die Kisten der Type II aufgewiesen. Die kleinen Festigkeitsdifferenzen, die in Durchschnittswerten fast ausgeglichen werden, sind dadurch zu erklären, dass bei Eckenbelastung die Böden und Deckel mehr auf Biegung beansprucht werden. Dabei spielt die Widerstandsfähigkeit gegen Verschiebung einzelner Bretter keine so wichtige Rolle.

Auf Grund der ausgeführten Untersuchungen wäre zu schliessen, dass sich in der Praxis die Kiste aus einteiligen Köpfen und mehrteiligen, gefügten und geleimten Seiten, Böden und Deckeln am bestem bewähren könnte. Bei dieser Type wäre es möglich eine Kiste von grosser Festigkeit und Widerstandsfähigkeit aus schmalen, zusammengefügteten Brettern zu bauen.

*Aus der Mechanischen Versuchsanstalt an der Technischen Hochschule  
in Lwów (Polen).*

---