

# Untersuchungen zum Einfluß ausgewählter Strukturparameter von Spanplatten auf die Schallemission bei Biegebelastung

P. Niemz, L. J. Kucera, E. Pridöhl, H. Poblete

An einschichtigen, labortechnisch hergestellten Spanplatten aus *Pinus radiata* wurde der Einfluß der mittleren Plattenrohndichte und des Festharzanteiles auf die mechanischen Eigenschaften und die Schallemission geprüft. Die Impulssumme steigt mit zunehmendem Belastungsgrad an. Eine Erhöhung von Rohdichte und Festharzanteil bewirken einen Anstieg der freigesetzten Impulse. Zwischen der Impulssumme bei 40% der Bruchlast und dem E-Modul besteht eine straffe Korrelation, die allerdings auch durch die starke Dichte- bzw. Festigkeitsspreizung des Versuchsmaterials mitbedingt ist.

## *Influence of board density and solid resin content on the acoustic emission of particleboards*

The elastomechanical properties as well as the acoustic emission of laboratory scale particleboards made from *Pinus radiata* chips were measured. The number of acoustic counts increased in parallel with board density and solid resin content. Between the total number of count at 40% MOR and the MOE a highly significant correlation was found which, however, is partly caused by the wide range of board densities applied in this project.

## 1 Einleitung

Die Eigenschaften von Spanplatten werden wesentlich durch deren strukturellen Aufbau, insbesondere die Rohdichte, den Festharzanteil und die Spangeometrie beeinflusst. Über den Einfluß der Struktur auf die Schallemission liegen bisher kaum Arbeiten vor. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollen an labortechnisch hergestellten Spanplatten

- der Einfluß der mittleren Rohdichte und des Festharzanteiles auf die mechanischen Eigenschaften und die Schallemission sowie
- die Korrelation der Schallemission mit den mechanischen Eigenschaften geprüft werden.

P. Niemz und L. J. Kucera  
ETH-Zentrum Zürich  
D-WAHO Holzwissenschaften  
CH-8092 Zürich

E. Pridöhl  
Fraunhoferinstitut für zerstörungsfreie Prüfverfahren  
(EADQ) Dresden

H. Poblete  
Universidad Austral de Chile  
Valdivia, Chile

## 2 Erkenntnisstand

Zur Anwendung der Schallemissionsanalyse an Holz und Holzwerkstoffen wurden vielfach Untersuchungen durchgeführt.

Bekannt ist, daß Unterschiede in der Impulssumme zwischen Vollholz, Spanplatten und MDF vorhanden sind (Niemz, Wagner, Theis (1983); Niemz und Hänsel (1987); Niemz, Hänsel und Schweitzer (1989)) und daß Schallsignale weit unterhalb der Bruchlast auftreten. Die Holzfeuchtigkeit, Kerben, Defekte u.a. Parameter beeinflussen die Schallemission sehr stark.

Bei Holzwerkstoffen werden bereits bei niedrigeren Belastungsgraden Schallimpulse freigesetzt als bei Vollholz.

Die Summe der bei MDF freigesetzten Impulse ist geringer als bei Spanplatten, was möglicherweise auf die thermomechanische Vorbehandlung des Holzes beim Dämpfen der Hackschnitzel zurückzuführen ist (s. Niemz; Wagner; Theis (1983)). Zum Einfluß der Struktur und zur Korrelation zwischen Schallemission und mechanischen Eigenschaften liegen nur wenige Ergebnisse vor.

Beall (1986) wies bei **Laborspanplatten** mit starker Dichte- und Festharzanteilspreizung eine Korrelation der Querkzugfestigkeit mit der Impulssumme nach.

Bei **Industriell gefertigten Platten** war keine Korrelation zwischen der Impulssumme beim Bruch und den mechanischen Eigenschaften feststellbar. Dagegen korrelierte die Last bei der Hälfte des Maximums der emittierten Impulse recht gut mit der Festigkeit.

## 3 Versuchsmaterial und -durchführung

### 3.1 Versuchsmaterial

Es wurden einschichtige Laborspanplatten mit 16 mm Plattendicke und den in Tabelle 1 dargestellten technologischen Parametern nach der nachstehend aufgeführten Technologie gefertigt.

Pro Variante wurden 4 Platten hergestellt.

Späne:

Es wurden Hackschnitzel aus *Radiata pine* auf einem Messerringzerspanner Pallmann PZ 8 mit 0,4 mm Messerüberstand zerspant.

Eine Nachzerkleinerung erfolgte nicht.

Die mittlere Spandicke betrug 0,39 mm, die mittlere Spanlänge 14,4 mm.

Die Späne wurde in einem Trockenschrank auf 3–5% getrocknet.

Die Plattennennrohndicke betrug 17,5 mm, die Fertigungsdicke 16 mm.

**Tabelle 1.** Technologische Parameter der Platten  
**Table 1.** Technological parameters of laboratory scale particle-boards under study

Nennrohddichte in kg/m <sup>3</sup>	Festharzanteil in %
550	5
	8
	11
650	5
	8
	11
750	5
	8
	11

**Klebstoff:**

Als Klebstoff wurde Adelite 3048 (Oxiquim S.A., Concepcion/Chile) verwendet.  
 Die Festharzkonzentration beim Versprühen betrug 46%.  
 Als Härter wurde NH<sub>4</sub>Cl (20%ig) eingesetzt, Paraffin wurde nicht zugegeben.

**Beleimung:**

Die Beleimung erfolgte in einer Laborbeleimmaschine Typ Drais FSP 80 nach dem Sprüh-Umwälzverfahren.

**Vliesbildung:**

Das Vlies wurde von Hand im Formrahmen (530 \* 530 mm) gebildet.  
 Es wurden einschichtige Platten hergestellt.

**Pressen:**

Die Platten wurden mit einer Laborpresse Typ Bürkle LA 160 verpreßt.  
 Die Preßtemperatur betrug 140 °C, die Preßzeit 8 min, die Verdichtungszeit 1 min.  
 Nach 5 min erfolgte eine Druckreduzierung auf 2/3, nach 6 min auf 1/2 des Maximaldruckes.

**Konditionieren/Schleifen:**

Nach dem Pressen erfolgte eine viertägige Konditionierung. Danach wurden die Platten mittels Zylinderschleifmaschine auf die Fertigticke von 16 mm geschliffen.

**3.3 Prüfung**

Nach der Klimatisierung wurden Biegestäbe (DIN 52362 T1) und Querkzugfestigkeitsproben (DIN 52365) eingeschnitten.  
 An diesen Proben wurden

- die Rohdichte (am Biegestab)
- die Biegefestigkeit sowie der Biege-E-Modul und
- die Schallemission während der Biegeprüfung bestimmt.

Zur Schallemissionsmessung wurden die Schallemissionskarte SE 3243 mit dazugehöriger Software), ein Sensor mit Resonanzfrequenzen im Bereich zwischen 20–300 kHz sowie der Vorverstärker SEK 3202 vom Fraunhoferinstitut für zerstörungsfreie Prüfverfahren, EADQ, Dresden, verwendet.

Folgende Parameter wurden bei der Schallemissionsmessung genutzt:

- Vorverstärkung: 40 dB
- Hauptverstärkung: 10 dB
- Schwelle: 50 mV
- Nachtriggerzeit: 1000 µs

Der Sensor wurde 2 cm von der Probenmitte (Bruchstelle) entfernt befestigt.

Zur Verbesserung der Signalübertragung wurde Maschinenfett als Koppelmedium genutzt.

Während der Belastung wurden die Kraft und die dazugehörigen Schallsignale sowie die Energie und die Amplitude der Signale ermittelt.

**4 Versuchsergebnisse**

**4.1 Mechanische Eigenschaften**

Die mechanischen Eigenschaften sind in Tabelle 2 dargestellt.

Sowohl Rohdichte als auch Festharzanteil bewirken den bekannten Anstieg der mechanischen Eigenschaften.

Auf Grund der geringen Rohdichte von Radiata pine (etwa 400...450 kg/m<sup>3</sup>, bei jungem Holz meist niedriger) werden bereits bei verhältnismäßig niedriger Plattenrohddichte (etwa 610 kg/m<sup>3</sup>) die erforderlichen Normwerte für die Festigkeit nach DIN 68761 für den Typ FPY erreicht.

**4.2 Schallemission**

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 sowie Bild 1–5 dargestellt. Die Impulssumme steigt mit zunehmendem Belastungsgrad exponentiell an (Tabelle 3; Bild 1).

Dies ist auf die mit wachsendem Belastungsgrad (Verhältnis Biegespannung/Biegebruchspannung) steigende Anzahl an zerstörten zwischenpartikulären Bindungen zurückzuführen.

Die Impulsrate (Impulse pro s) weist dagegen bedingt durch die Individualität der einzelnen Bruchereignisse

**Tabelle 2.** Mechanische Eigenschaften der verwendeten Laborspanplatten  
**Table 2.** Mechanical properties of laboratory scale particle-boards under study

Nennrohddichte kg/m <sup>3</sup>	Festharzanteil %	Eigenschaft E-Modul N/mm <sup>2</sup>	Biegefestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Querkzugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>
550	5	18,8	2370	0,7
	8	21,8	2762	1,1
	11	21,6	2744	1
650	5	23,9	2822	0,9
	8	25,6	3189	1,3
	11	30,7	3760	1,7
750	5	33,5	4337	0,8
	8	36,7	4427	1,6
	11	38,1	5119	1,7

**Tabelle 3.** Einfluß des Belastungsgrades B auf die Impulssumme bei Biegebelastung  
**Table 3.** Influence of load level (B) on integral acoustic counts during bending test

Rohdichte in kg/m <sup>3</sup>	Festharzanteil in %	Regressionsgleichung	Korrelationskoeffizient
550	5	$I = 4,52 * 1,09 \text{ exp } B$	0,94
	8	$I = 1,8 * 1,08 \text{ exp } B$	0,96
	11	$I = 2,3 * 1,08 \text{ exp } B$	0,95
650	5	$I = 3,51 * 1,07 \text{ exp } B$	0,96
	8	$I = 3,12 * 1,07 \text{ exp } B$	0,98
	11	$I = 13 * 1,04 \text{ exp } B$	0,95
750	5	$I = 18,01 * 1,04 \text{ exp } B$	0,94
	8	$I = 8,4 * 1,03 \text{ exp } B$	0,93
	11	$I = 6,69 * 1,04 \text{ exp } B$	0,96

B = Belastungsgrad (Biegespannung/Biegebruchspannung);  
 B = Load level (bending stress/failure stress)

Unstetigkeiten auf. Trotzdem ist generell der gleiche Trend wie bei der Impulssumme vorhanden (Bild 2). Dies ist u.a. auf die bekannte Korrelation zwischen der Rißlänge und den freigesetzten Impulsen zurückzuführen. Mit steigender Rißlänge erhöht sich die Anzahl der freigesetzten Impulse.

Eine Erhöhung von Rohdichte und Festharzanteil bewirken einen Anstieg der Impulssumme (Bild 3 und 4).

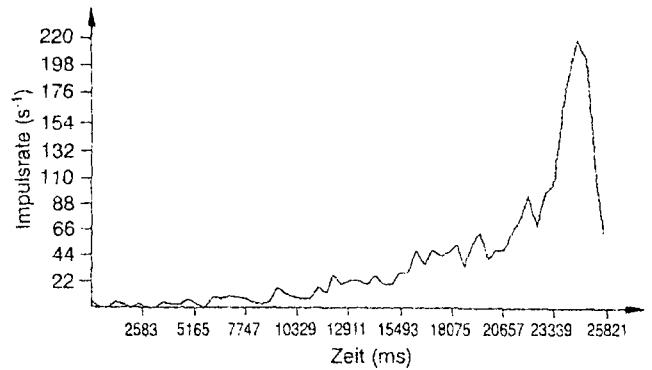
Die Ursache ist sowohl bei Erhöhung der Rohdichte als auch des Festharzanteiles auf die steigende Anzahl an zwischenpartikulären Bindungen zurückzuführen. Eine Erhöhung beider Parameter führt zum Anstieg an Quellen für eine mögliche Schallemission.

Auf Grund der jeweils individuell unterschiedlichen Bruchbilder der einzelnen Proben und des enormen Einflusses des Bruchbildes auf die Schallemission (s. Niemz, Hänsel und Schweizer (1989)) ist die statistische Beurteilung solcher Parameter der Schallemission wie Energie, Amplitude etc. schwierig. Hierzu müßte die erforderliche Probenanzahl wesentlich erhöht werden.

Bild 5 zeigt an einem Beispiel beim Biegebruchversuch die Energieverteilung und die Peakamplitude als Funktion der Zeit.

Dabei ist deutlich zu erkennen, daß der überwiegende Teil der Signale kurz vor Beginn des Bruches emittiert wird. Sowohl Energie als auch Amplitude der freigesetzten Signale steigen mit dem Belastungsgrad deutlich an.

Der Bruch selbst ist durch erhöhte Energie- und Amplitudensignale gekennzeichnet.

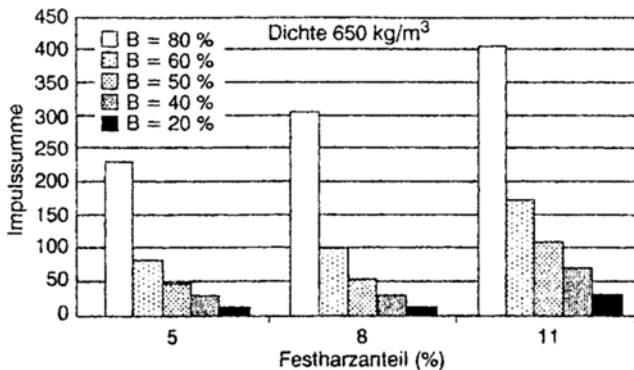


**Bild 2.** Impulsrate bei Biegebelastung in Abhängigkeit von der Zeit. Rohdichte: 650 kg/m<sup>3</sup> Festharzanteil: 8%  
**Fig. 2.** Counts/s by bending strength as a function of the time density: density: 650 kg/m<sup>3</sup> adhesive amount: 8%

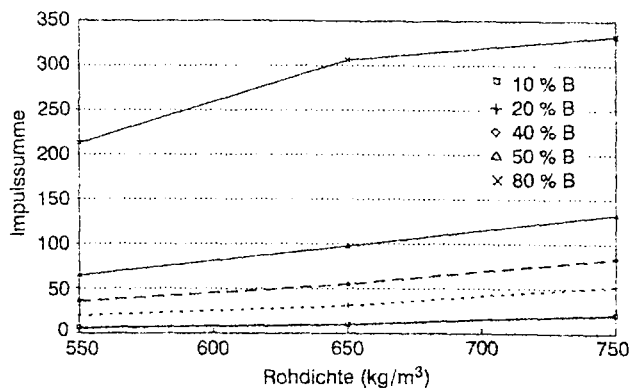
**4.3**

**Korrelation zwischen Schallemission und mechanischen Eigenschaften**

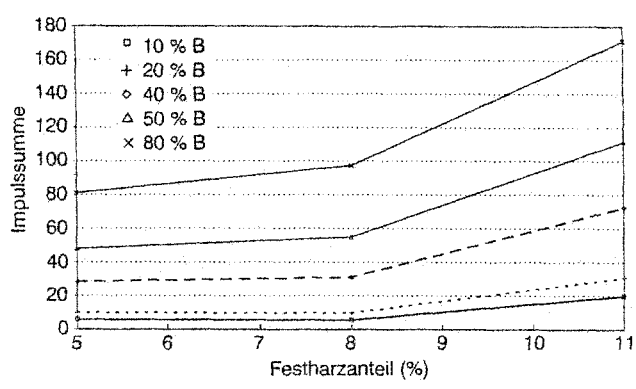
Eine unter Nutzung der Variation des E-Moduls und der Impulssumme bei jeweils 40% des Belastungsgrades durchgeführte Regressionsanalyse zeigte, daß eine gute Korrelation zwischen dem E-Modul und der Impulssumme besteht (Bild 6). Die Güte der Korrelation wird allerdings maßgeblich durch die starke Dichte- und damit auch Festigkeitsspreizung beeinflusst.



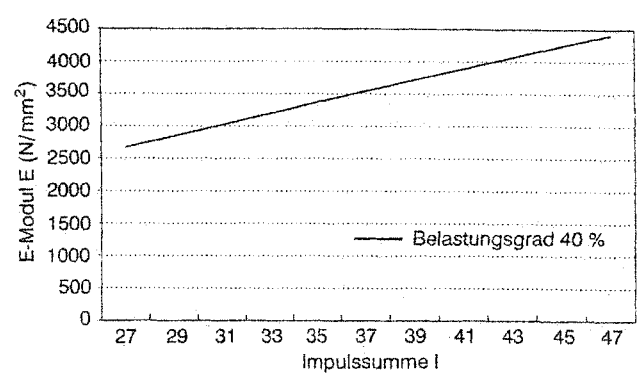
**Bild 1.** Einfluß des Belastungsgrades und des Festharzanteils bei Biegebelastung auf die Impulssumme. Rohdichte: 650 kg/m<sup>3</sup>  
**Fig. 1.** Influence of the rel. load and the adhesive amount upon to the number of the total counts. board density: 650 kg/m<sup>3</sup>



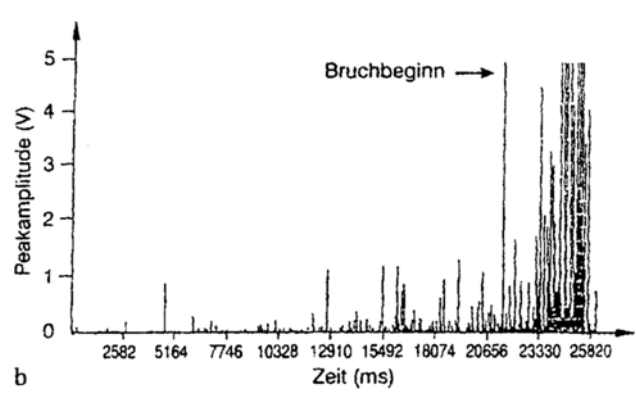
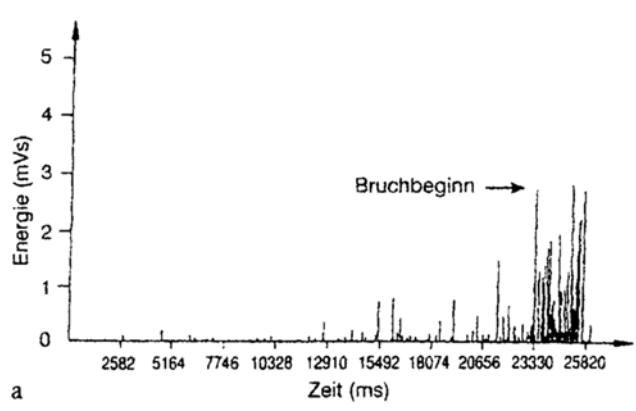
**Bild 3.** Einfluß der Rohdichte und des Belastungsgrades auf die Impulssumme bei Biegebelastung von Spanplatten. Festharzanteil: 8%  
**Fig. 3.** Influence of the board density to the number on the counts by bending. adhesive amount: 8%



**Bild 4.** Einfluß des Festharzanteiles auf die Impulssumme bei Biegebelastung von Spanplatten. Rohdichte: 650 kg/m<sup>3</sup>  
**Fig. 4.** Influence of the amount of the adhesive on the number of the counts by bending. board density: 650 kg/m<sup>3</sup>



**Bild 6.** Korrelation zwischen Impulssumme und dem Biege-E-Modul bei einem Belastungsgrad von 40%  
**Fig 6.** Correlation between the number of the counts and MOE (at 40% of the bending strength)



**Bild 5. a und b.** Signalparameter von Einzelsignalen bei Biegebelastung von Spanplatten. Rohdichte: 650 kg/m<sup>3</sup> Festharzanteil: 8% a) Energie b) Peakamplitude  
**Fig. 5. a and b.** Parameters of individual signals by bending from particleboards. board density: 650 kg/m<sup>3</sup> adhesive amount: 8% a) energy b) peakamplitude

**5**

**Literatur**

Beall, F. (1986): Effect of the resin content and density on acoustic emission from particleboard during internal bond testing. Forest Prod. J, 36: 29-33  
 Niemz, P.; Wagner, M.; Theis, K. (1983): Untersuchungen zu Anwendungsmöglichkeiten der Schallemissionsanalyse in der Holzforschung. Holztechnologie 24: 91-94  
 Niemz, P.; Hänsel, A. (1987): Untersuchungen zum Verformungs- und Bruchverhalten von Spanplatten. Holztechnologie 28: 139-142  
 Niemz, P.; Hänsel, A.; Schweitzer, F. (1989): Untersuchungen zu ausgewählten Einflußgrößen auf die Schallemission von Vollholz und Holzwerkstoffen. Holztechnologie 30: 44-46  
 Niemz, P.; Lühmann, A. (1992): Anwendung der Schallemissionsanalyse zur Beurteilung des Bruchverhaltens von Holz und Holzwerkstoffen. Holz Roh- Werkstoff 50: 191-194