

St.-Nr. LA-V177/49/2

ABSCHLUSSBERICHT

Zu den Forschungsvorhaben AIF-Nr. 4289 und
AIF-Nr. 5348 (Fortsetzung zu Nr. 4289)

FORSCHUNGSTHEMA:

"ERFASSUNG, SYSTEMATISCHE AUSWERTUNG UND ERGÄNZUNG
BISHERIGER UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS RHEOLOGISCHE VER-
HALTEN VON HOLZ UND HOLZWERKSTOFFEN - EIN BEITRAG
ZUR VERBESSERUNG DES FORMÄNDERUNGSNACHWEISES NACH
DIN 1052 "HOLZBAUWERKE"

von

Peter Gressel

Lehrstuhl für Ingenieurholzbau
und Baukonstruktionen
Universität Karlsruhe
o. Prof. Dr.-Ing. J. Ehlbeck

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
Abt. Ingenieurholzbau
Universität Fridericiana Karlsruhe

September 1983

Band 2: Anhang/Kriechkurven

236 Seiten mit
66 Abbildungen
25 Tabellen
394 Literaturstellen

J. Ehlbeck P. Gressel

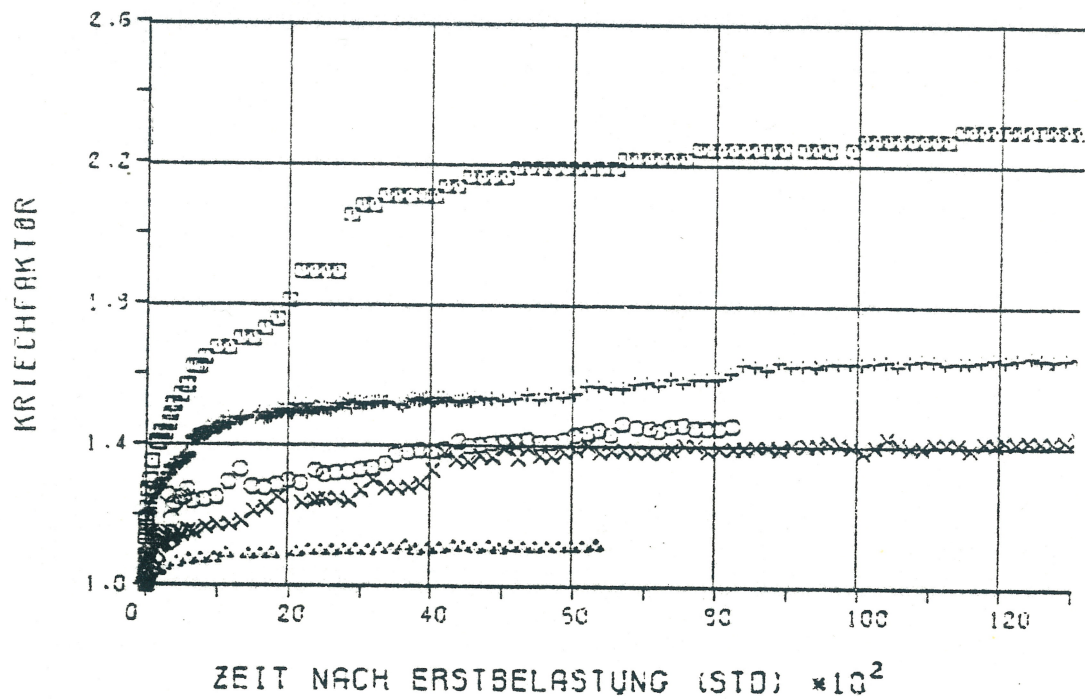


Bild 2 : Einfluß der Beanspruchungsart auf das Kriechen von Fichte (kleine fehlerfreie Proben) im Innenklima (ca. 20/55)

- Torsion + Biegung, liegende Jahrringe
- Druck II x Biegung, stehende Jahrringe
- △ Zug II

KRIECHFAKTOR

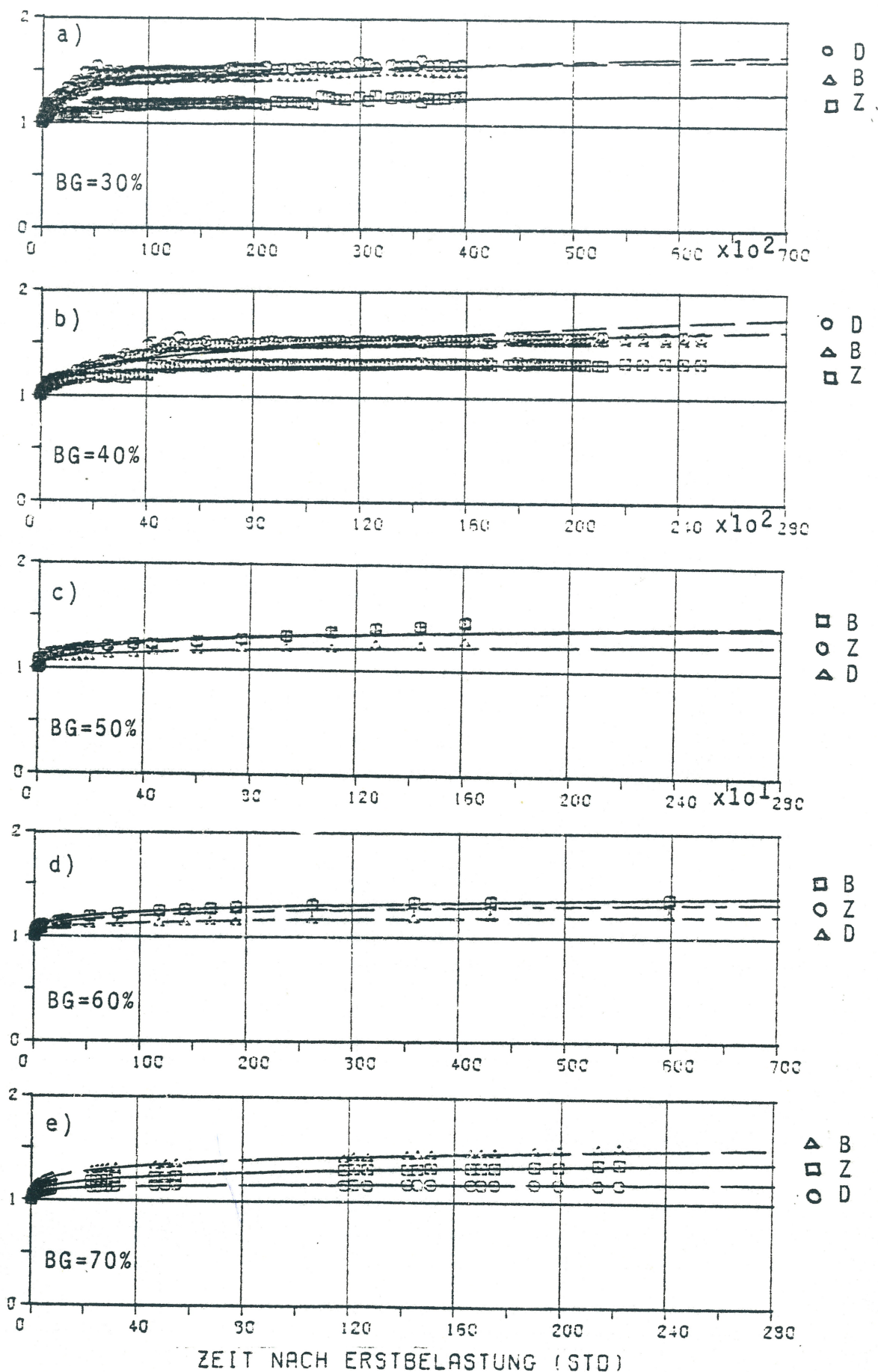


Bild 3 a-e: Kriechfaktoren aus Messungen der Durchbiegung (B) sowie der Dehnung auf der Zug- (Z) und Druckseite (D) von Biegeträgern (Fichte, stehende Jahrringe) im Klima 20/55 in Abhängigkeit vom Belastungsgrad (BG)

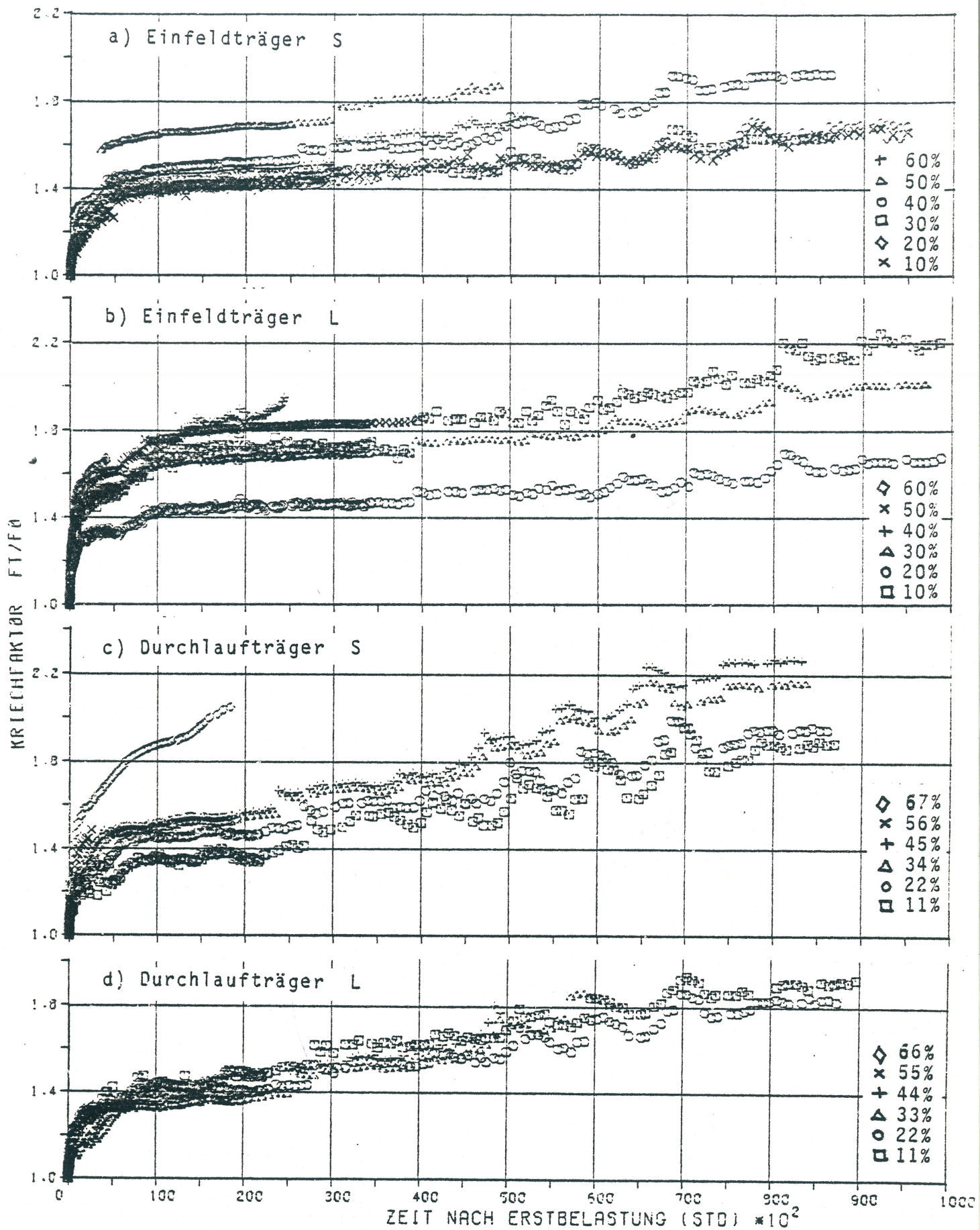


Bild 8 a-d: Einfluß des Belastungsgrades bei Einfeldträgern (a+b) und Durchlaufträgern (c+d) aus Fichte (fehlerfrei) im Klima 20/55
 S = stehende Jahrringe L = liegende Jahrringe

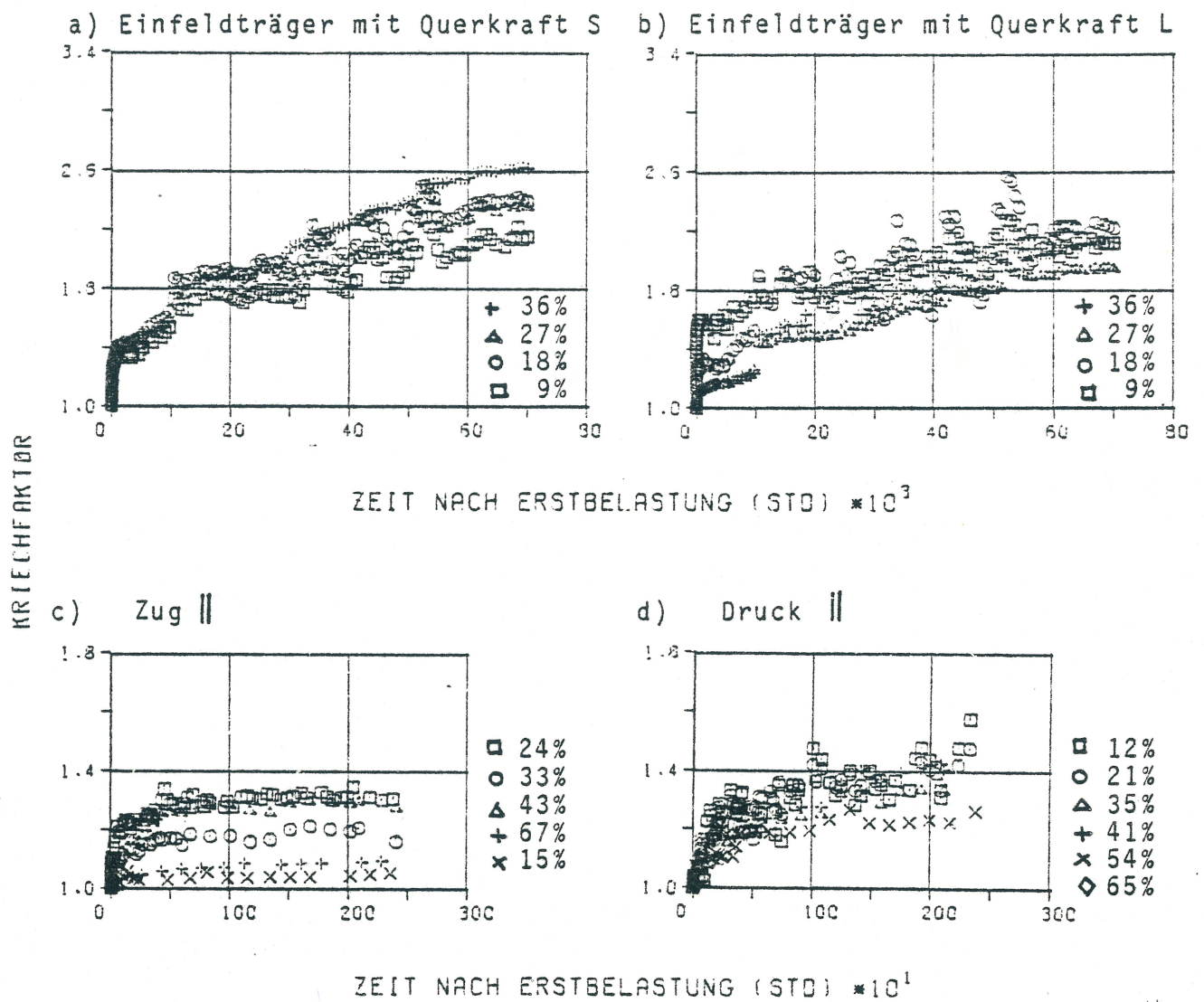


Bild 9 a-d: Einfluß des Belastungsgrades bei Biegebeanspruchung (a+b; Einfeldträger mit Querkraft, $l/h = 10$) sowie Zug- (c) und Druckbeanspruchung (d) von Fichte (20/55)

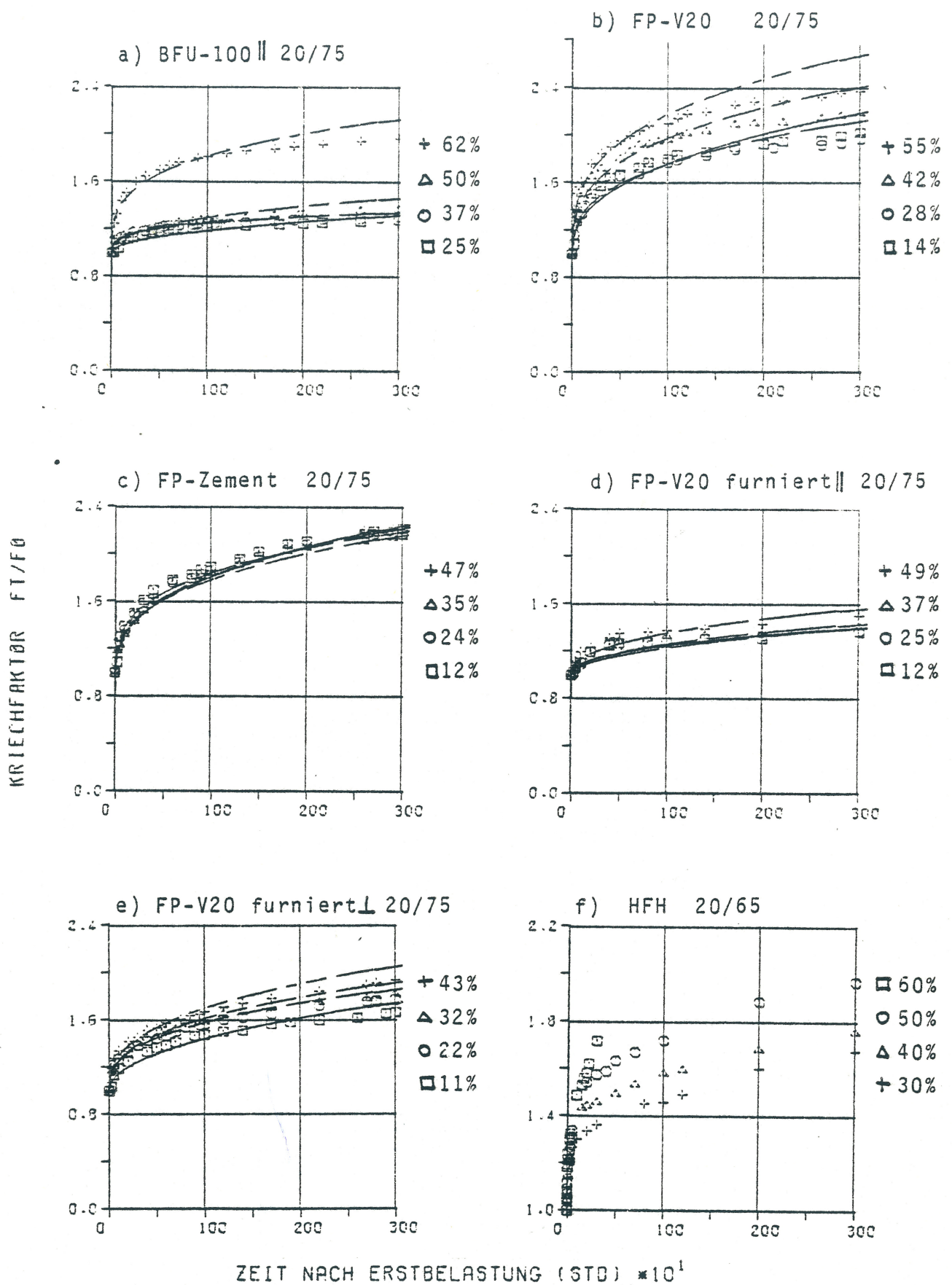


Bild 10 a-f: Einfluß des Belastungsgrades bei Furniersperrholz (a), Spanplatten roh (b+c) und furniert (d+e) sowie Holz-faserhartplatten (f) unter Biegebeanspruchung im Konstantklima 20/75 (a-e) bzw. 20/65 (f)

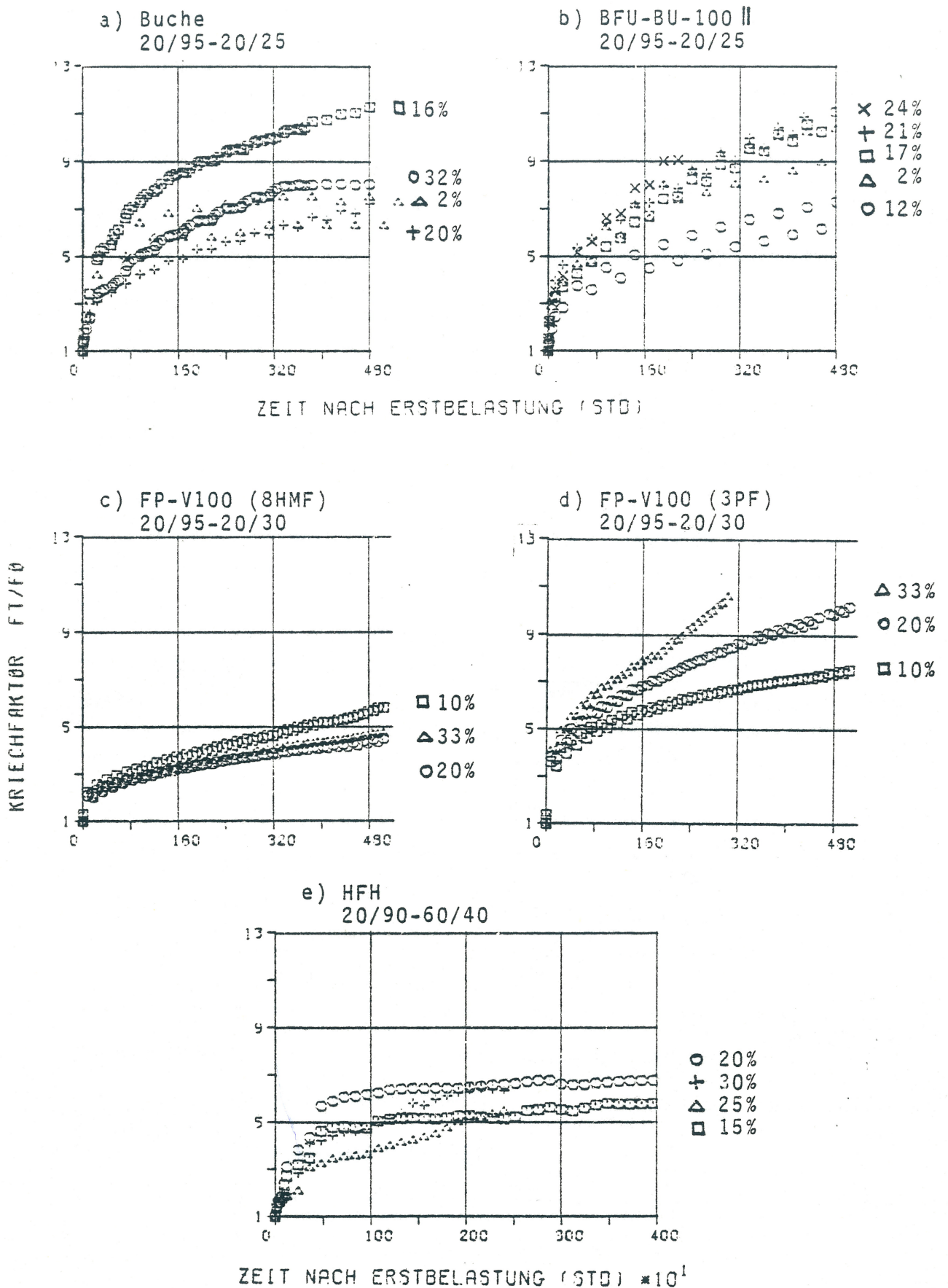


Bild 11 a-e: Einfluß des Belastungsgrades bei Buche (a), Furniersperrholz aus Buche (b), verschieden verleimten V100-Spanplatten (c,d) und Holzfaserhartplatten (e) unter Biegespannung im verschärften Wechselklima

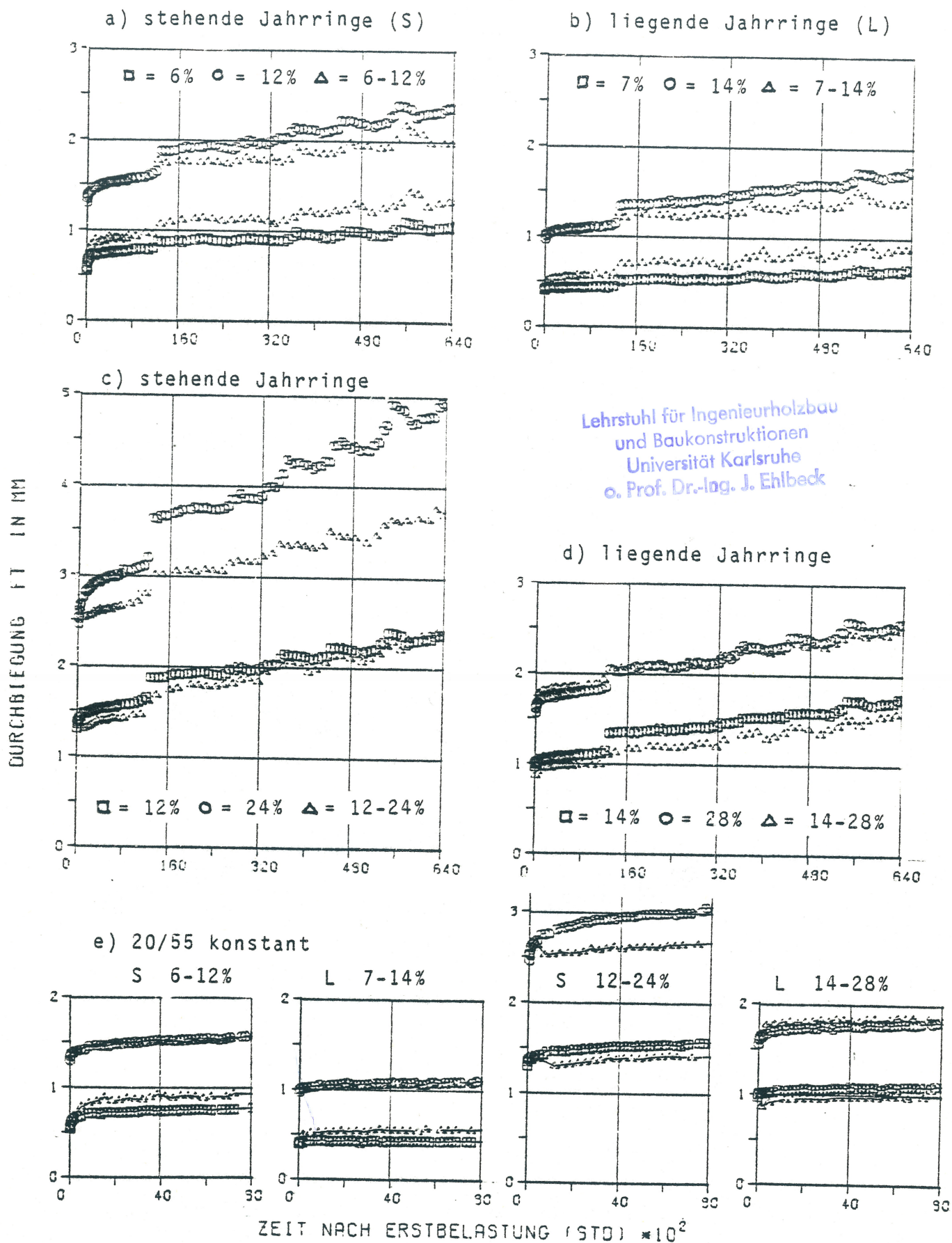


Bild 13 a-e: Vergleich des Biegekriechens (absolute Durchbiegung) unter Konstant- und Wechsellast von Fichte (20/55) in Abhängigkeit von Belastungsgrad und Jahrringlage; e = Anfang (konstantes Klima)

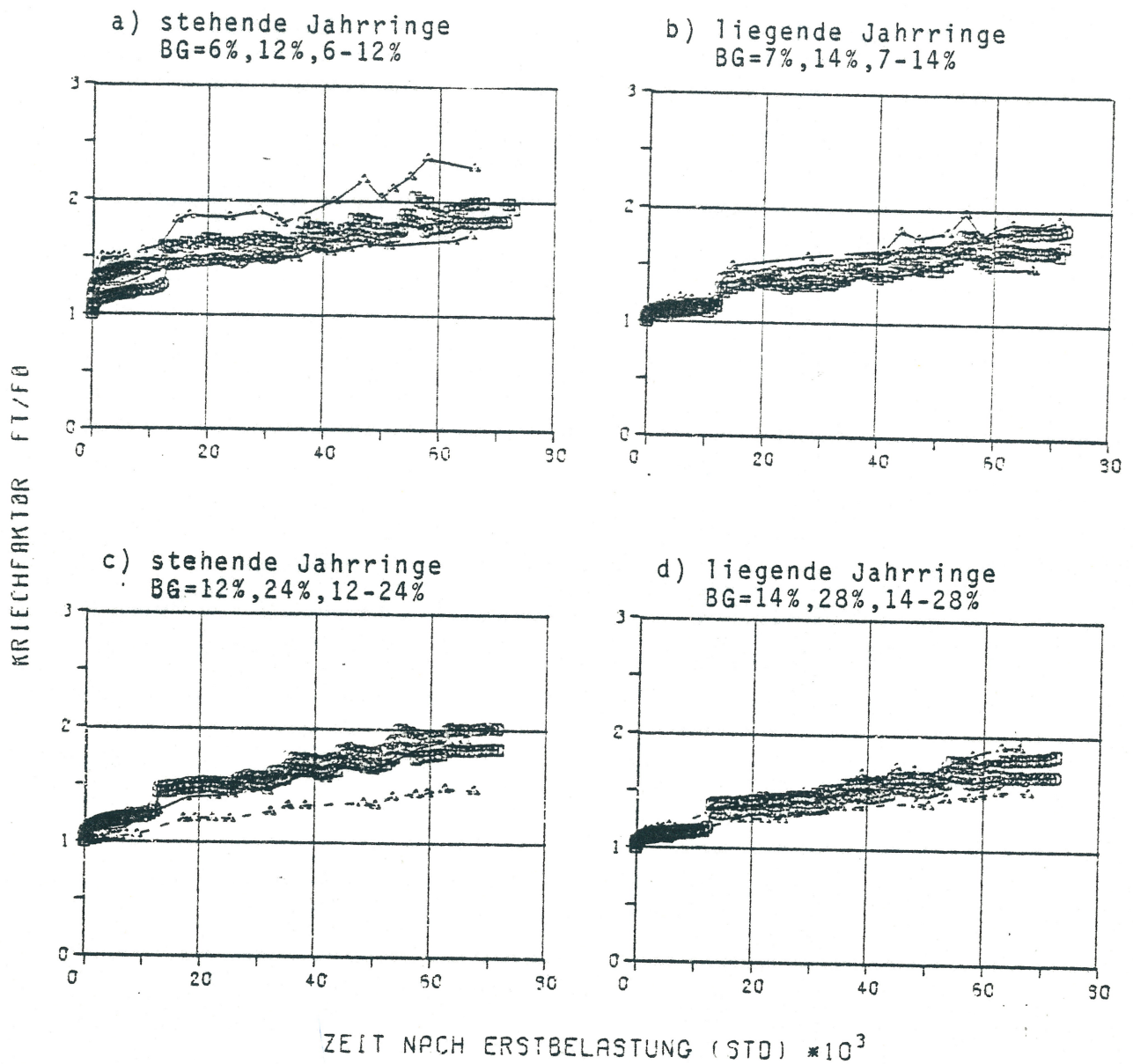
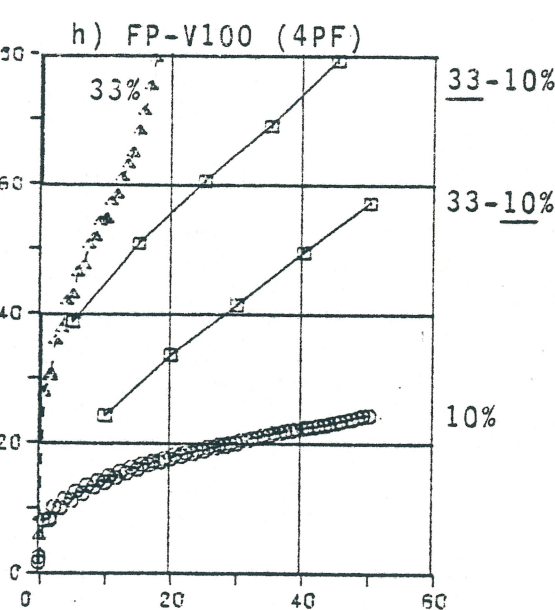
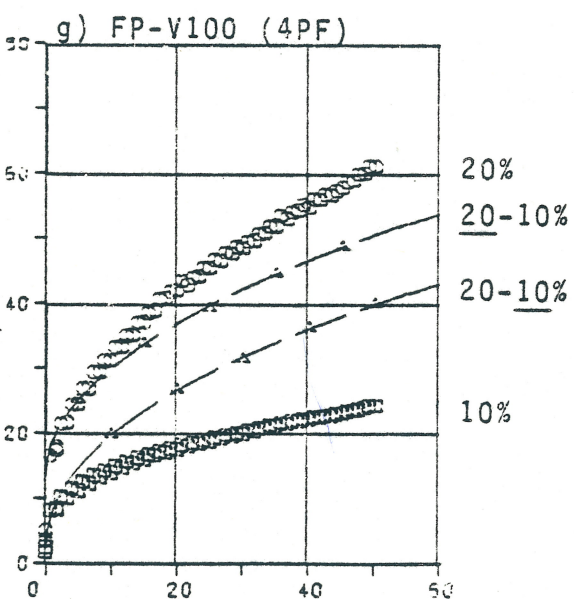
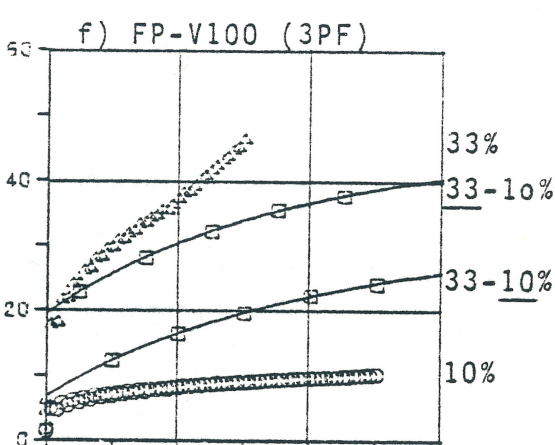
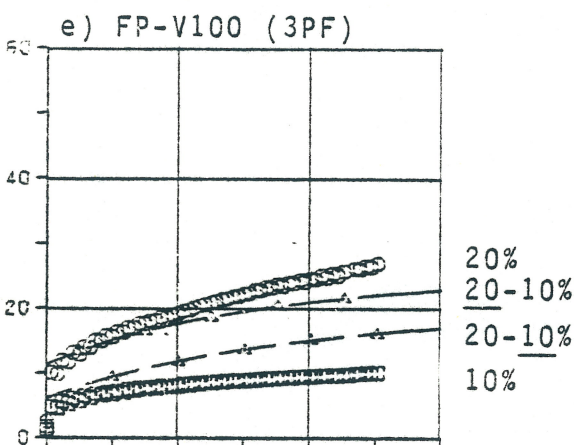
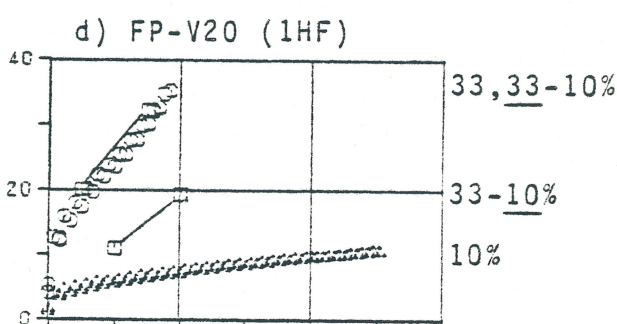
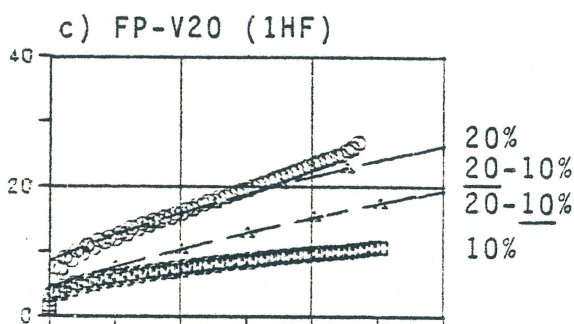
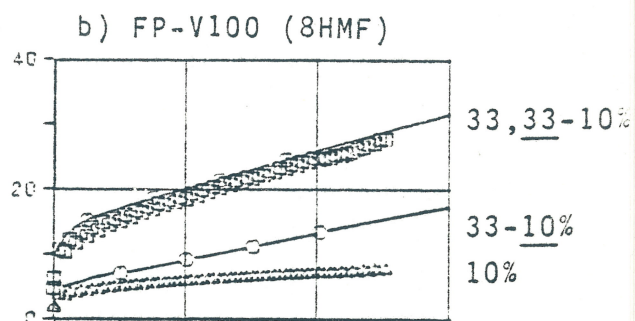
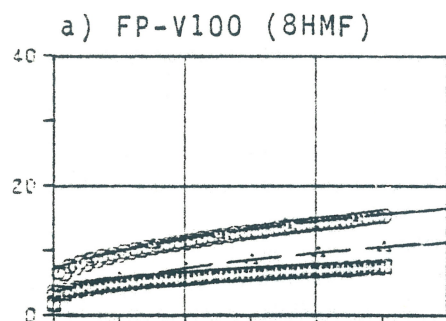


Bild 14 a-d: Vergleich des Biegekriechens (Kriechfaktor) unter Konstant- und Wechsellast von Fichte (20/55) in Abhängigkeit von Belastungsgrad und Jahrringlage

DURCHBIEGUNG FT IN MM



ZEIT NACH ERSTBELASTUNG (STD) $\times 10^2$

Bild 15 a-h: Vergleich des Biegekriechens (absolute Durchbiegung) unter Konstant- und Wechsellast von verschieden verleimten Holzspanplatten im definierten Wechselklima 20/95-20/30 (3d-4d); (je 1 = 3 Einzelwerte).

DURCHBIEGUNG f_t IN MM

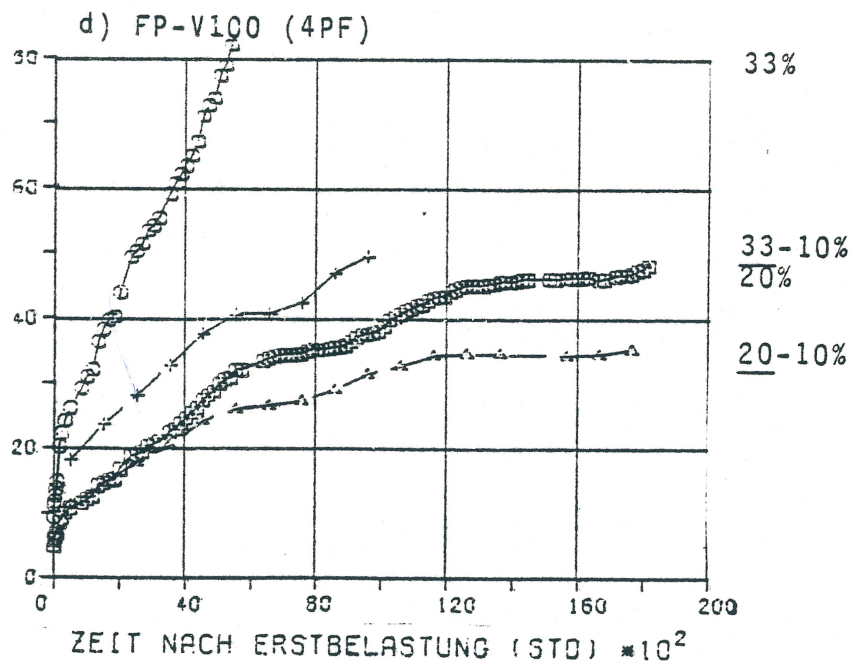
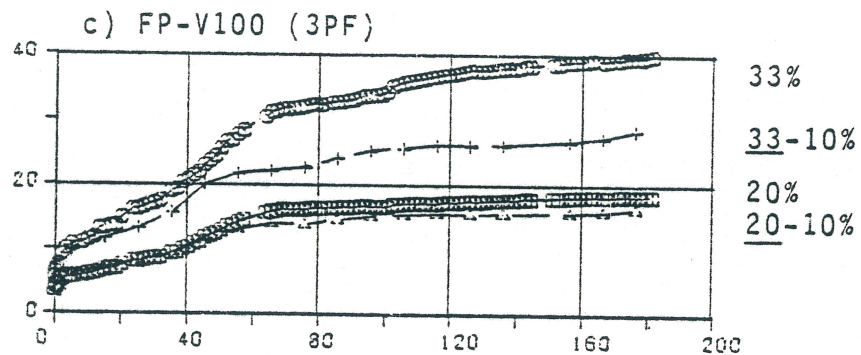
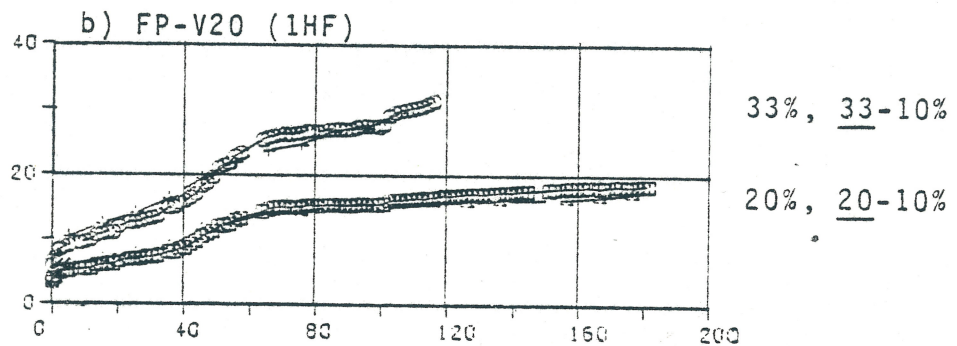
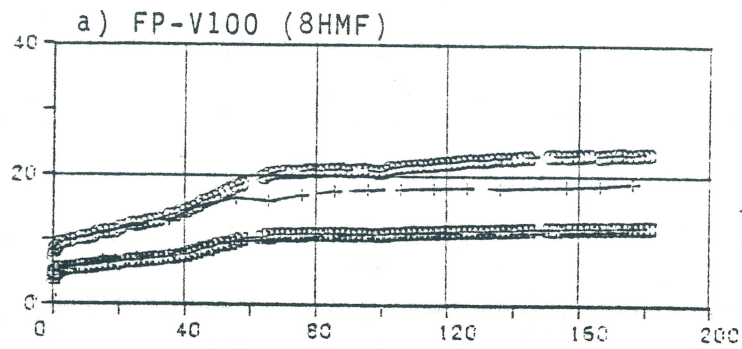


Bild 16 a-d: Vergleich des Biegekriechens (absolute Durchbiegung) unter Konstant- und Wechsellast von verschiedenen verleimten Holzspanplatten im natürlichen Außenklima unter Dach.

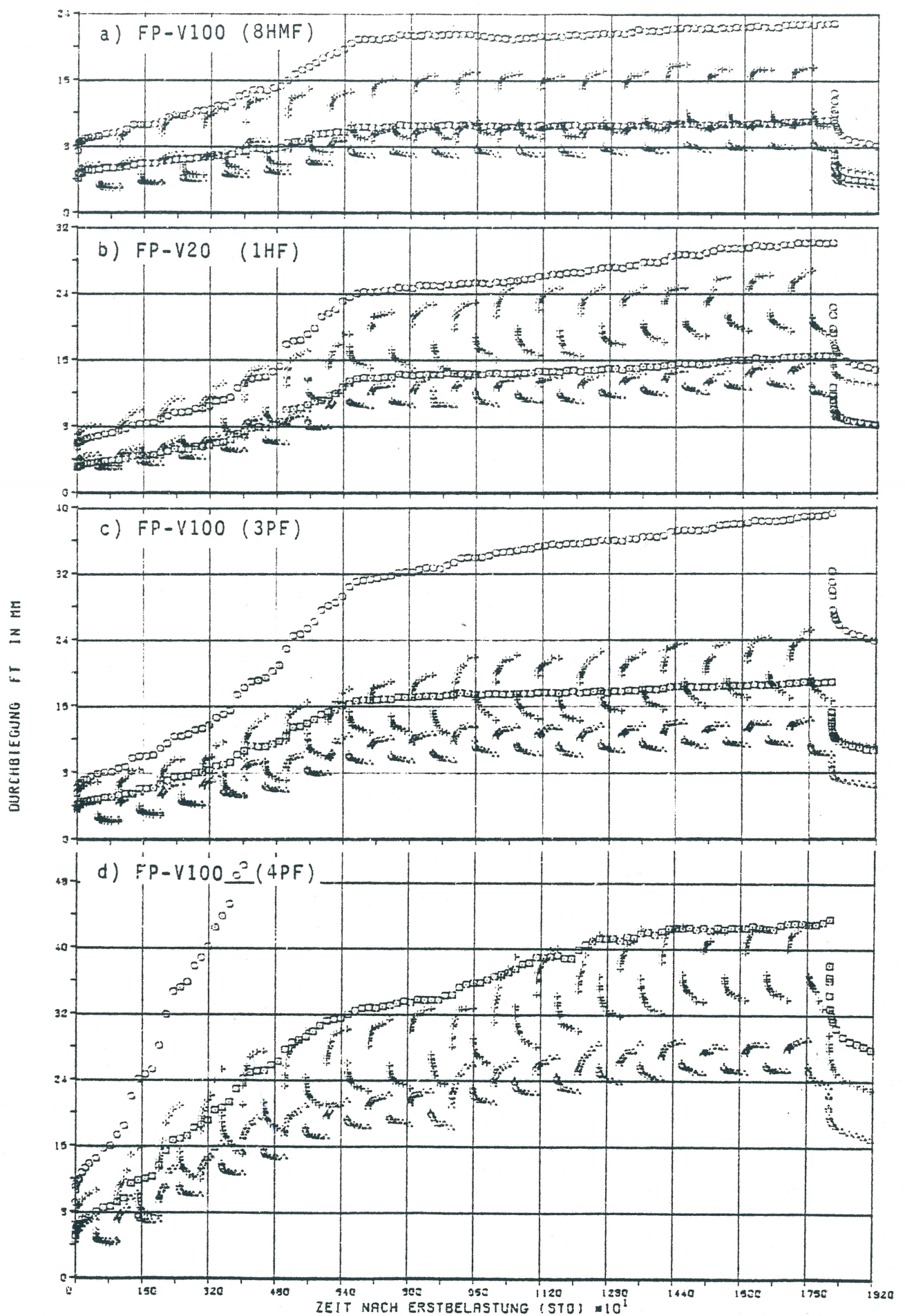


Bild 17 a-d: Gesamter Durchbiegungsverlauf unter Konstant- und Wechsellast von Spanplatten im Außenklima (anderer Standort; Parallelproben zu Bild 16).
 Belastungsgrad: ○ 33% □ 20% + 33-10% △ 20-10%

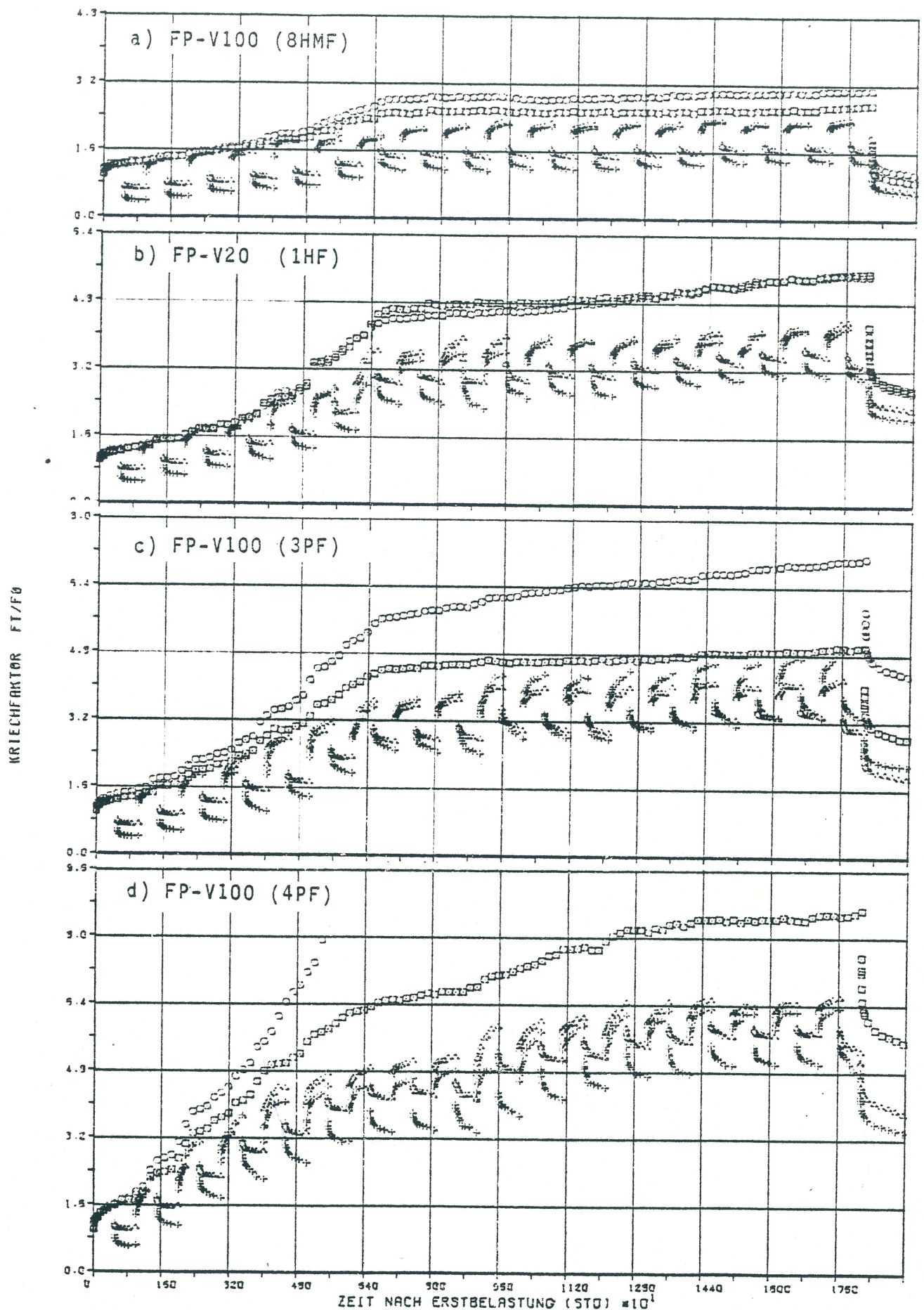
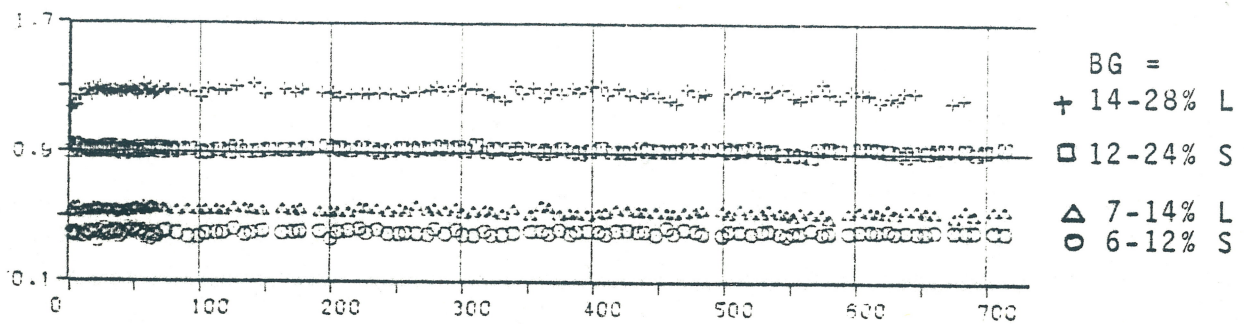


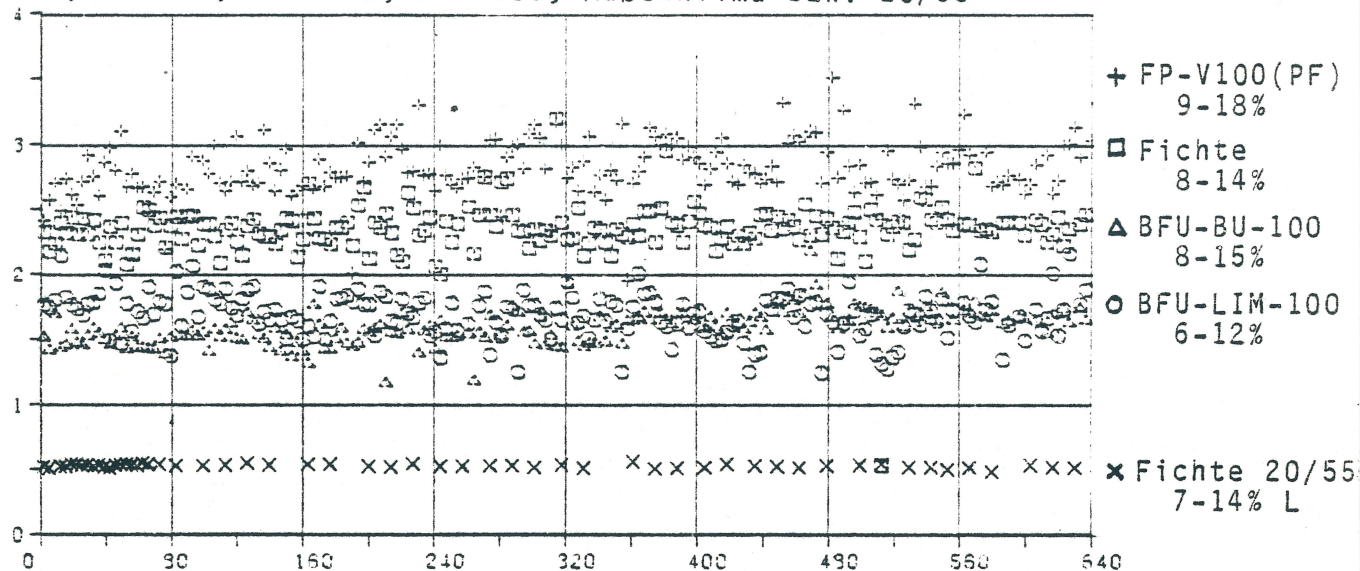
Bild 18 a-d: Gesamter Verlauf des Kriechfaktors unter Konstant- und Wechsel-Last von Spanplatten im Außenklima (siehe Bild 17).

Belastungsgrad: ○ 33% □ 20% + 33-10% △ 20-10%

a) Fichte; 20/55

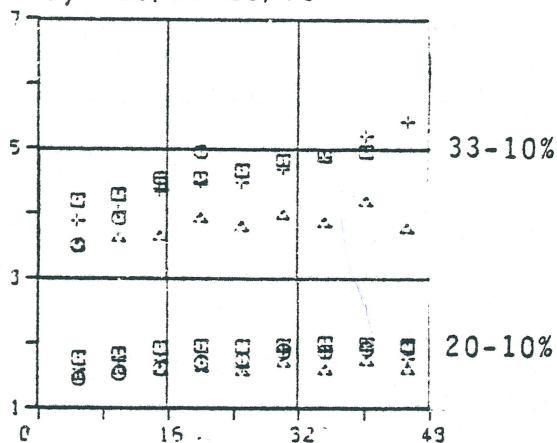


b) Fichte, BFU-100, FP-V100; Außenklima bzw. 20/55

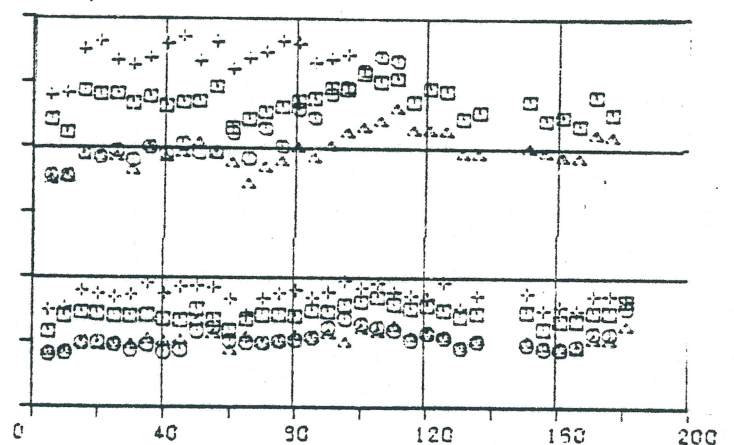


Spanplatten FP-V20 (○=1HF) und FP-V100 (△=3PF, +=4PF, □= 8HMF):

c) 20/95-20/30



d) Außenklima



ZEIT NACH ERSTBELASTUNG (STD) $\times 10^2$

Bild 19 a-d: Elastische Formänderungen bei Lastwechsel von Fichte, Furniersperrholz und Spanplatten bei verschiedener Klimabeanspruchung.

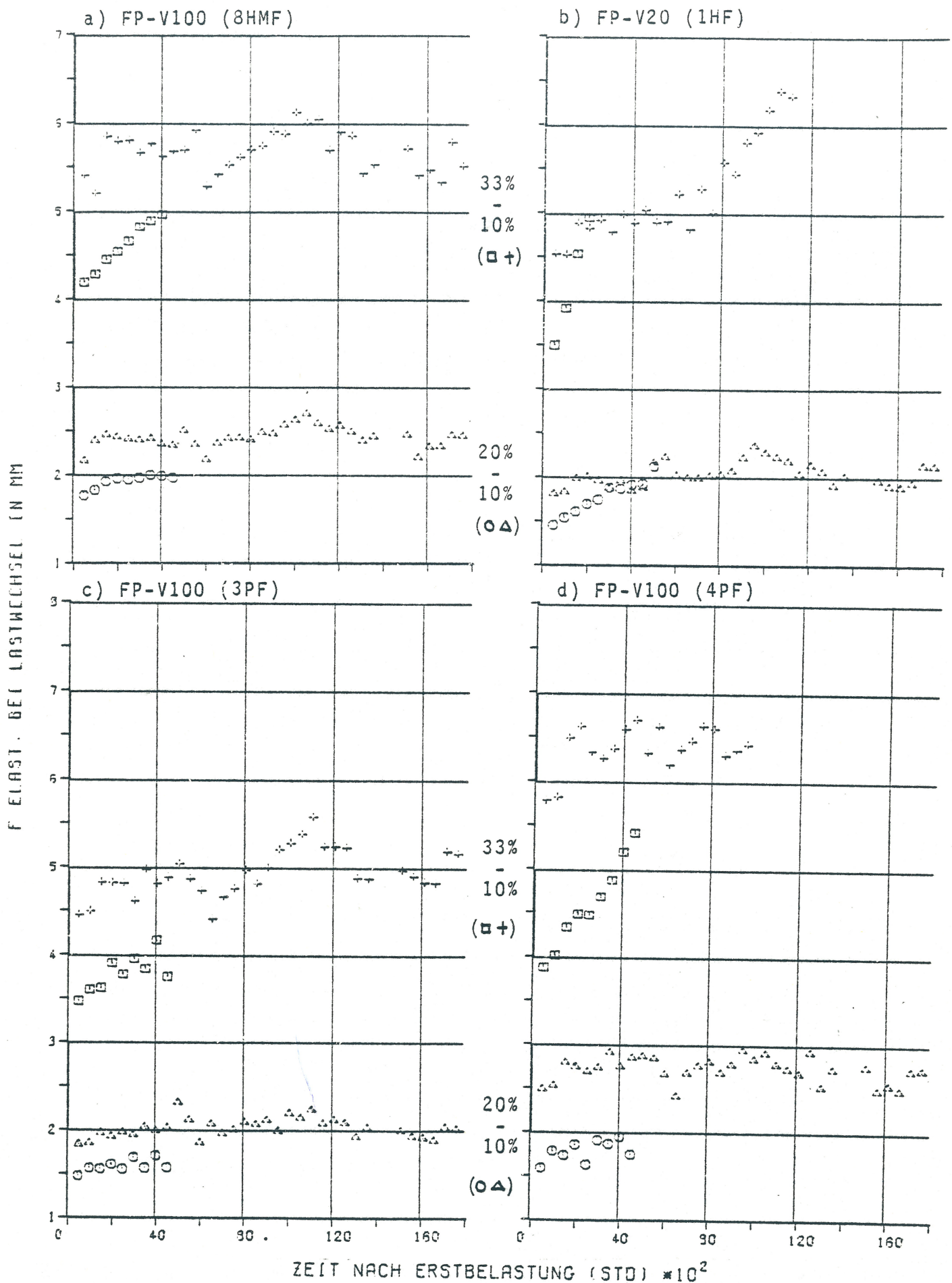
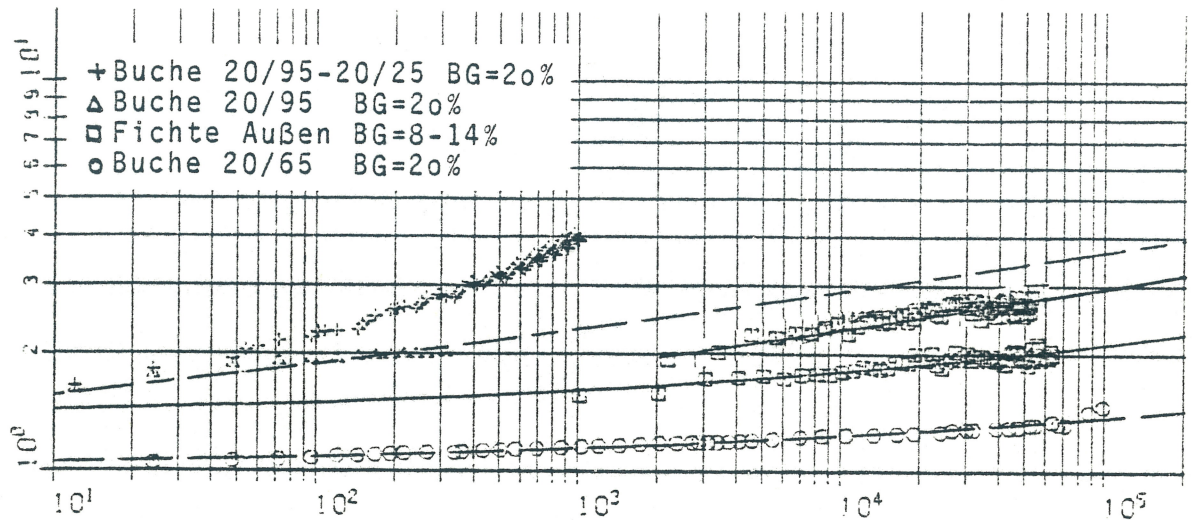
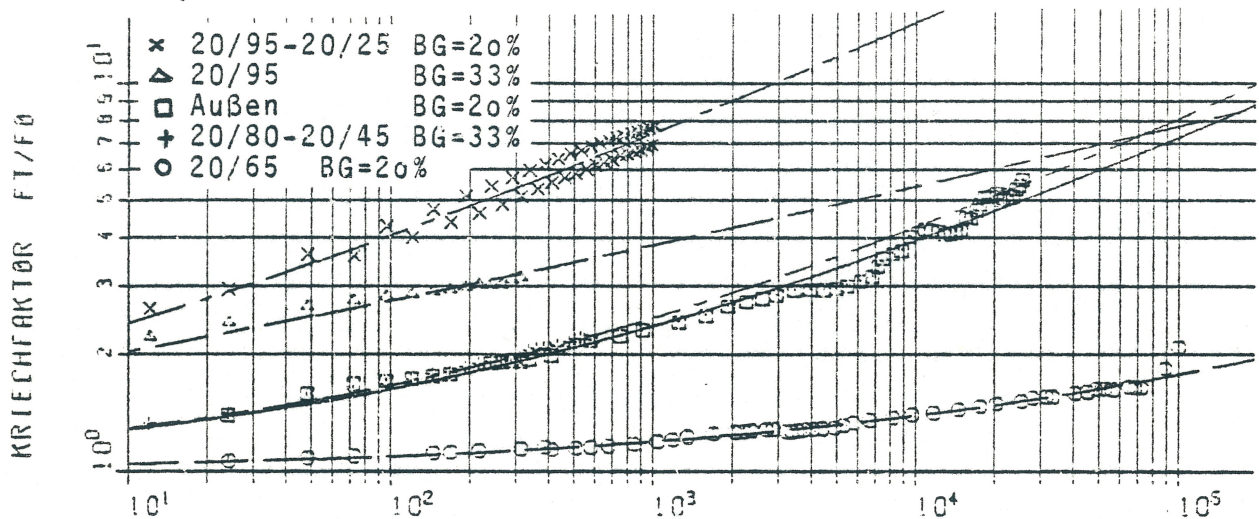


Bild 20 a-d: Elastische Formänderungen bei Lastwechsel von Spanplatten im definierten Wechselklima 20/95-20/30 (○, □) sowie im natürlichen Außenklima (Δ, +) (siehe auch Bild 19 c+d).

a) Vollholz



b) BFU-BU-100 II



c) BFU-BU-100 ⊥

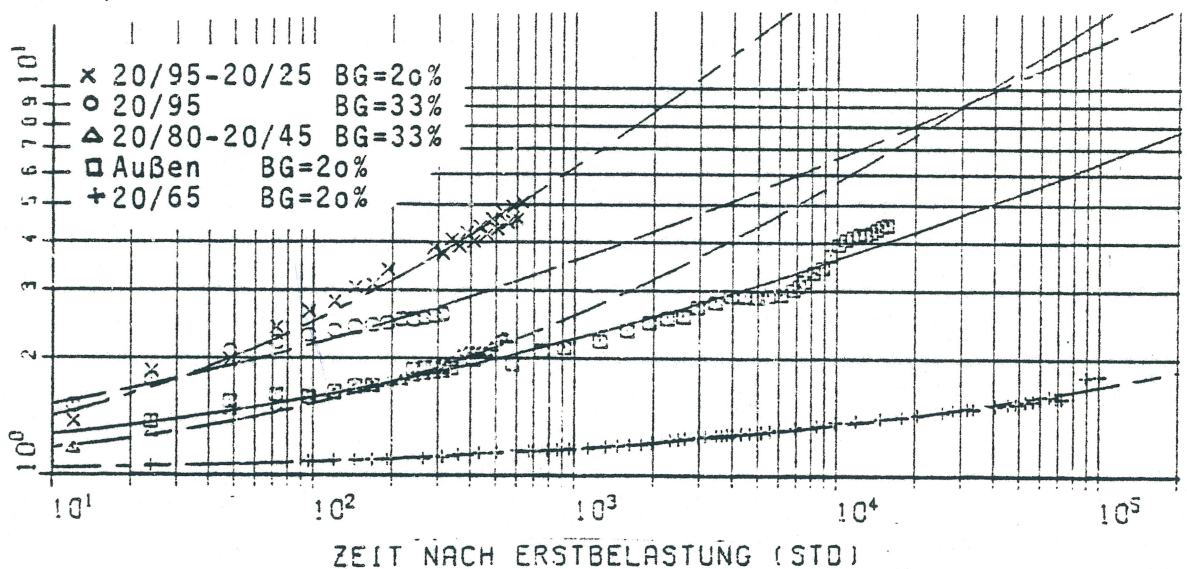


Bild 22 a-c: Einfluß der Klimabeanspruchung auf das Biegekriechen von Vollholz und Furniersperrholz aus Buche (Stabachse längs (II) und quer (⊥) zur Deckfurnierfaserrichtung).

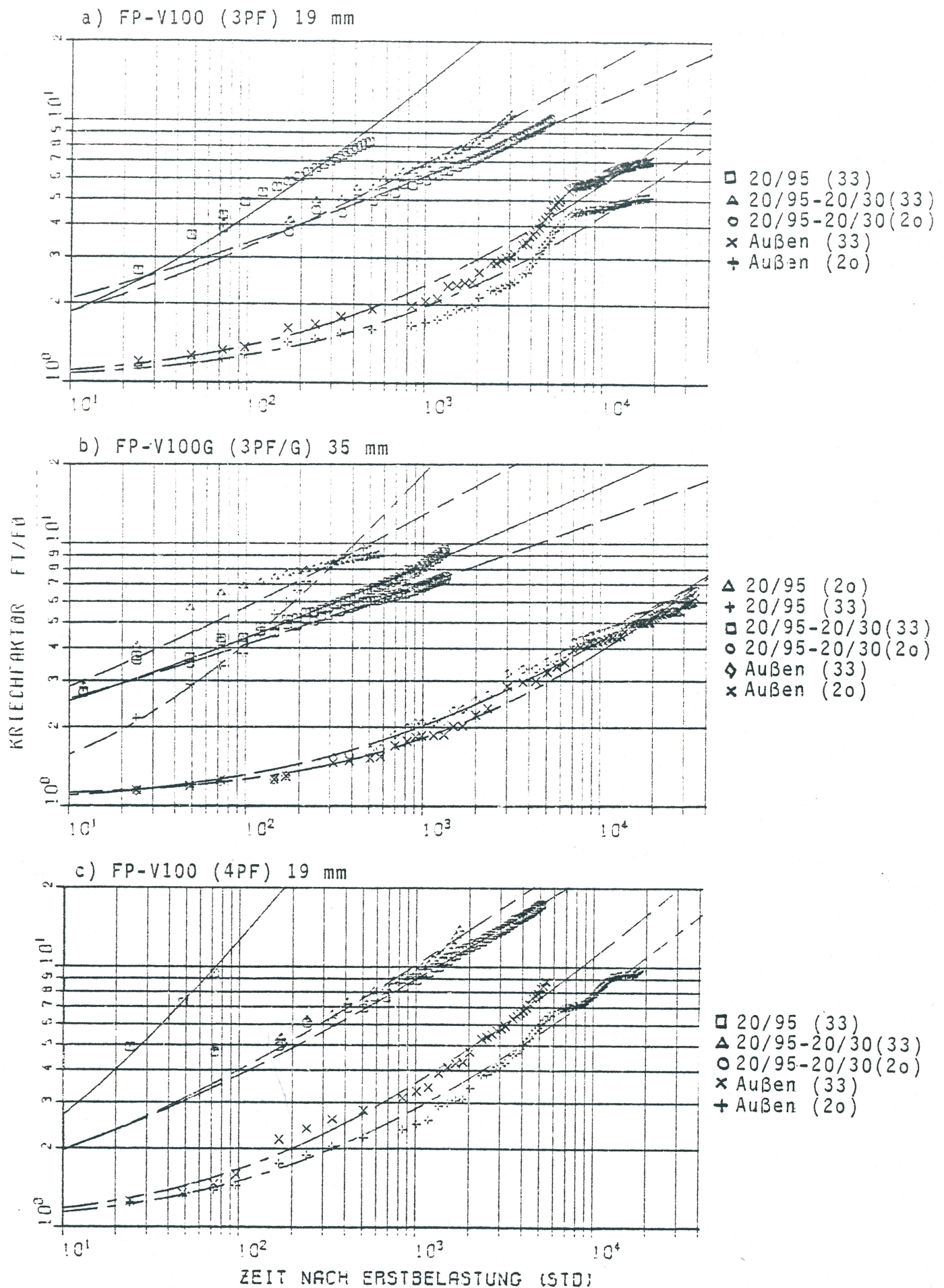


Bild 23 a-c: Einfluß der Klimabeanspruchung auf das Biegekriechen von phenolharzverleimten Spanplatten FP-V100/V100G (Belastungsgrad (%) in Klammern).

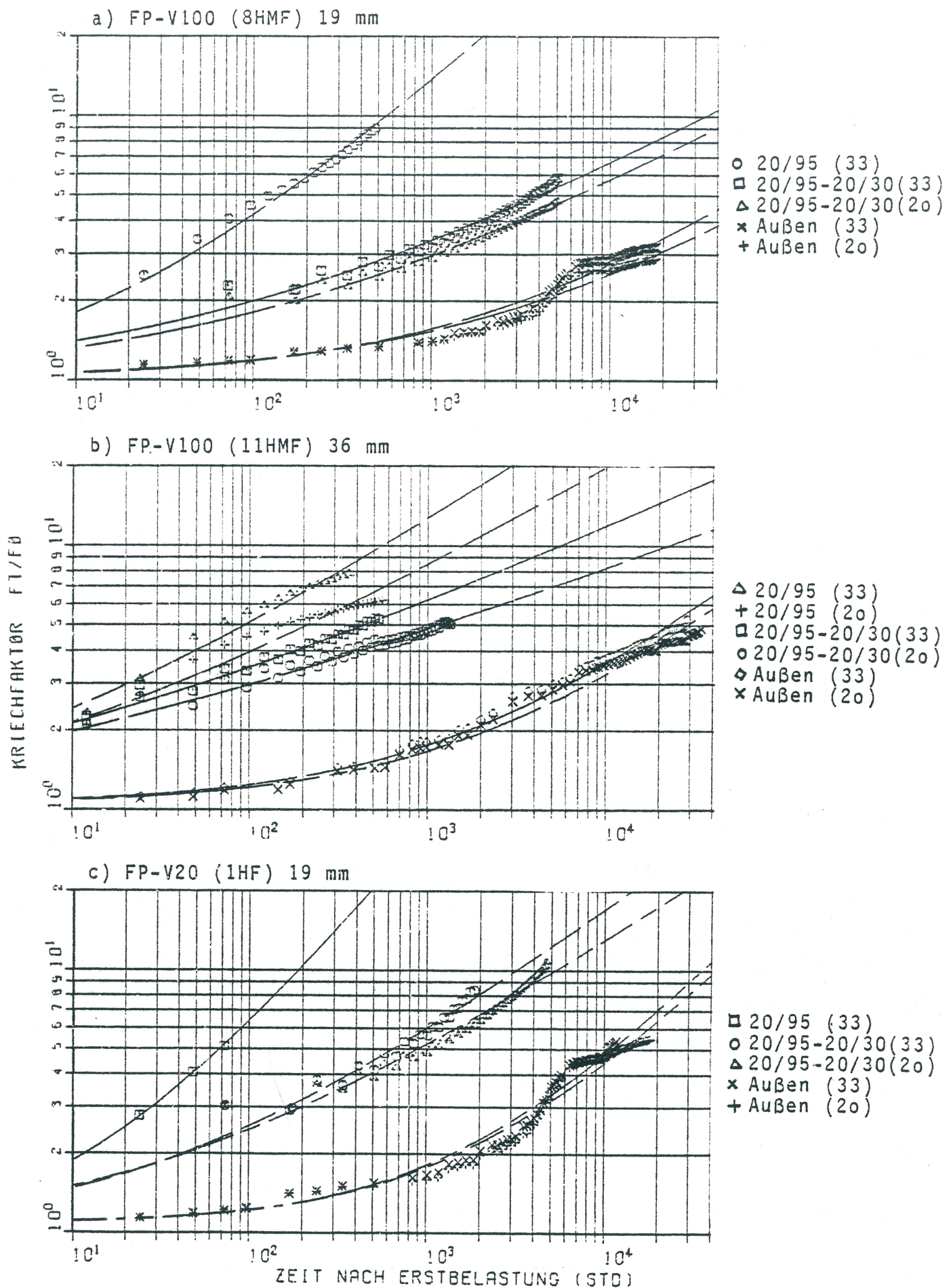


Bild 24 a-c: Einfluß der Klimabeanspruchung auf das Biegekriechen von aminoplastverleimten Spanplatten FP-V100 (modifizierte Harnstoff-Melamin-Verleimungen) und FP-V20 (Harnstoffharz).

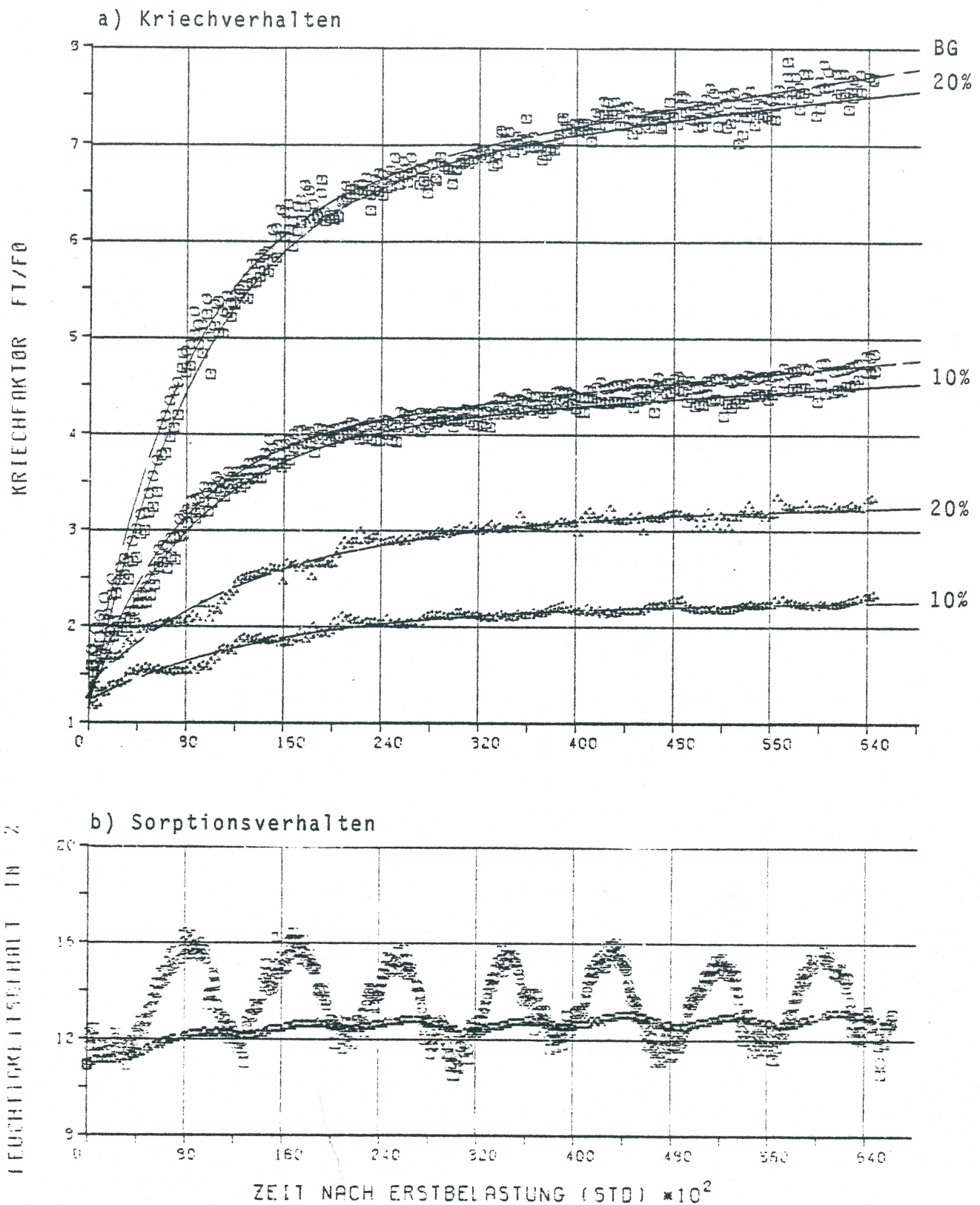


Bild 25 a-b: Einfluß eines Oberflächenschutzes (DD-Lack) auf das Kriechen (a) und das Sorptionsverhalten (b) von phenolharzverleimten Spanplatten FP-V100 im Außenklima (Wechselast, BG = 10% - 20%; Probenbreite 300 mm; Dicke 25 mm).

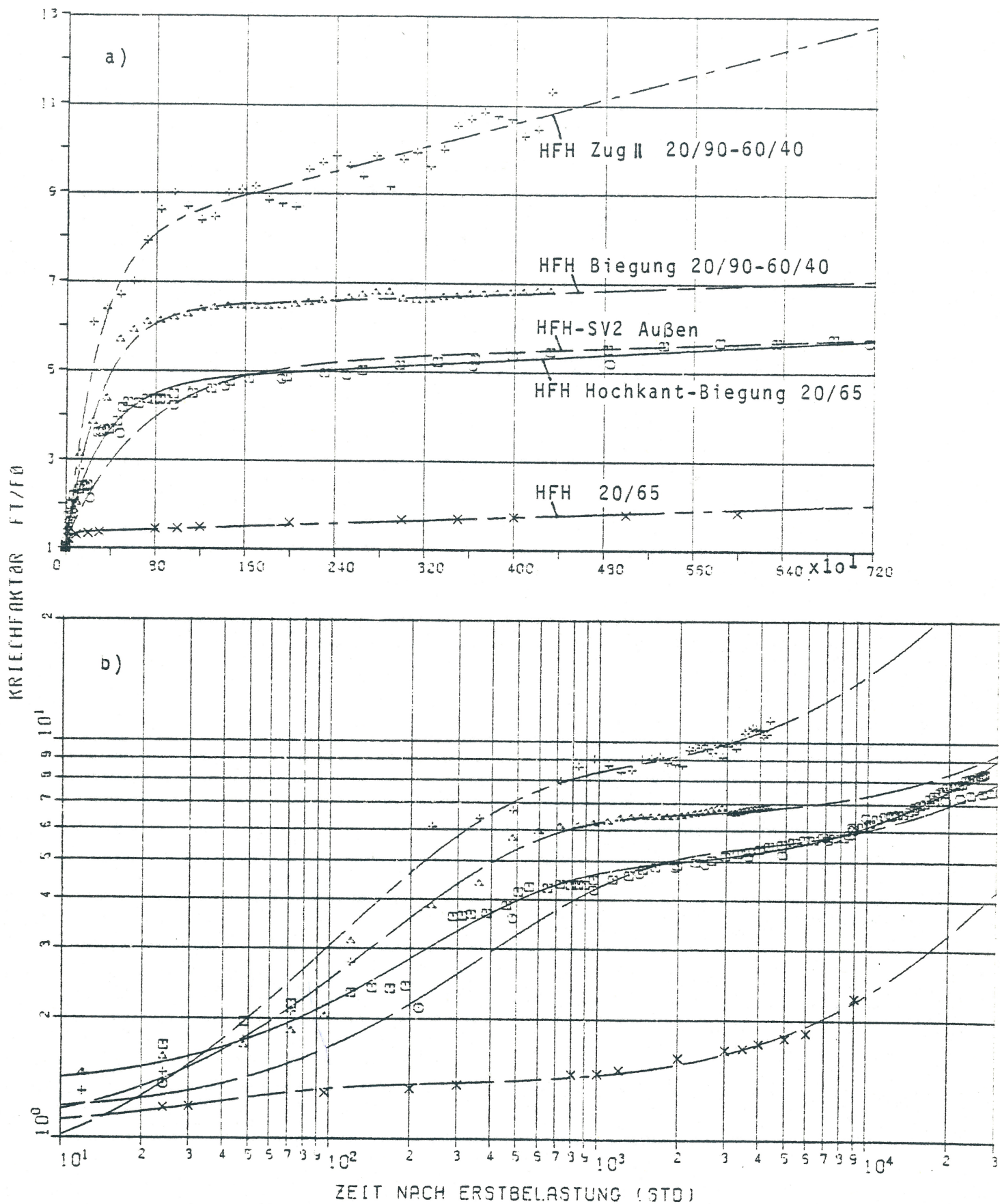


Bild 26 a-b: Einfluß der Klimabeanspruchung auf das Kriechen von Holzfaserhartplatten HFH (Flach- und Hochkant-Biegung, Zug II) sowie HFH-beplankten Strangpreßplatten HFH-SV2 in linearer (a) und doppelt-logarithmischer Darstellung (b).

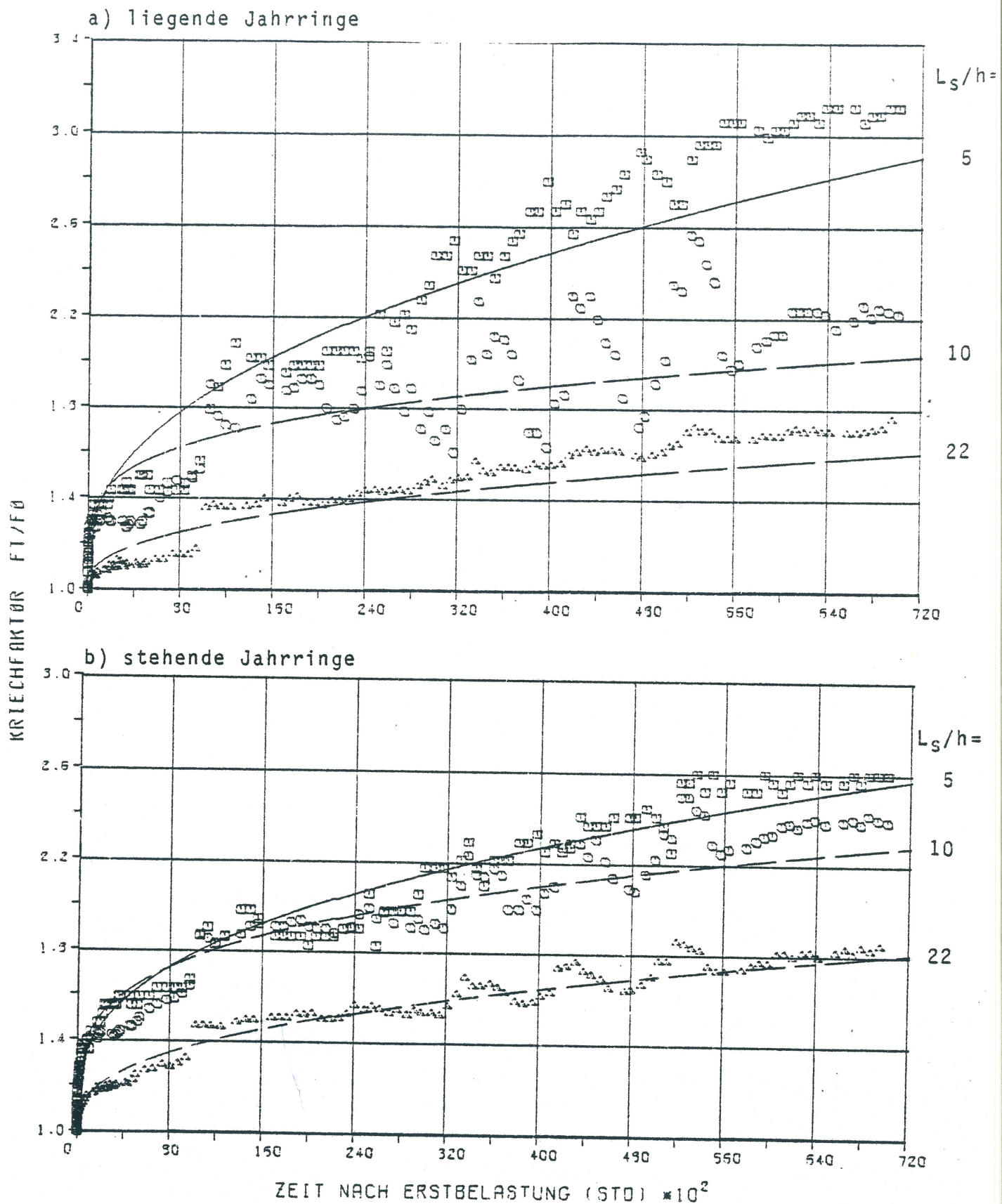


Bild 27 a-b: Einfluß des Stützweitenverhältnisses L_s/h auf den Kriechfaktor von Fichte mit liegenden (a) bzw. stehenden (b) Jahrringen im Klima 20/55 (schwankend).

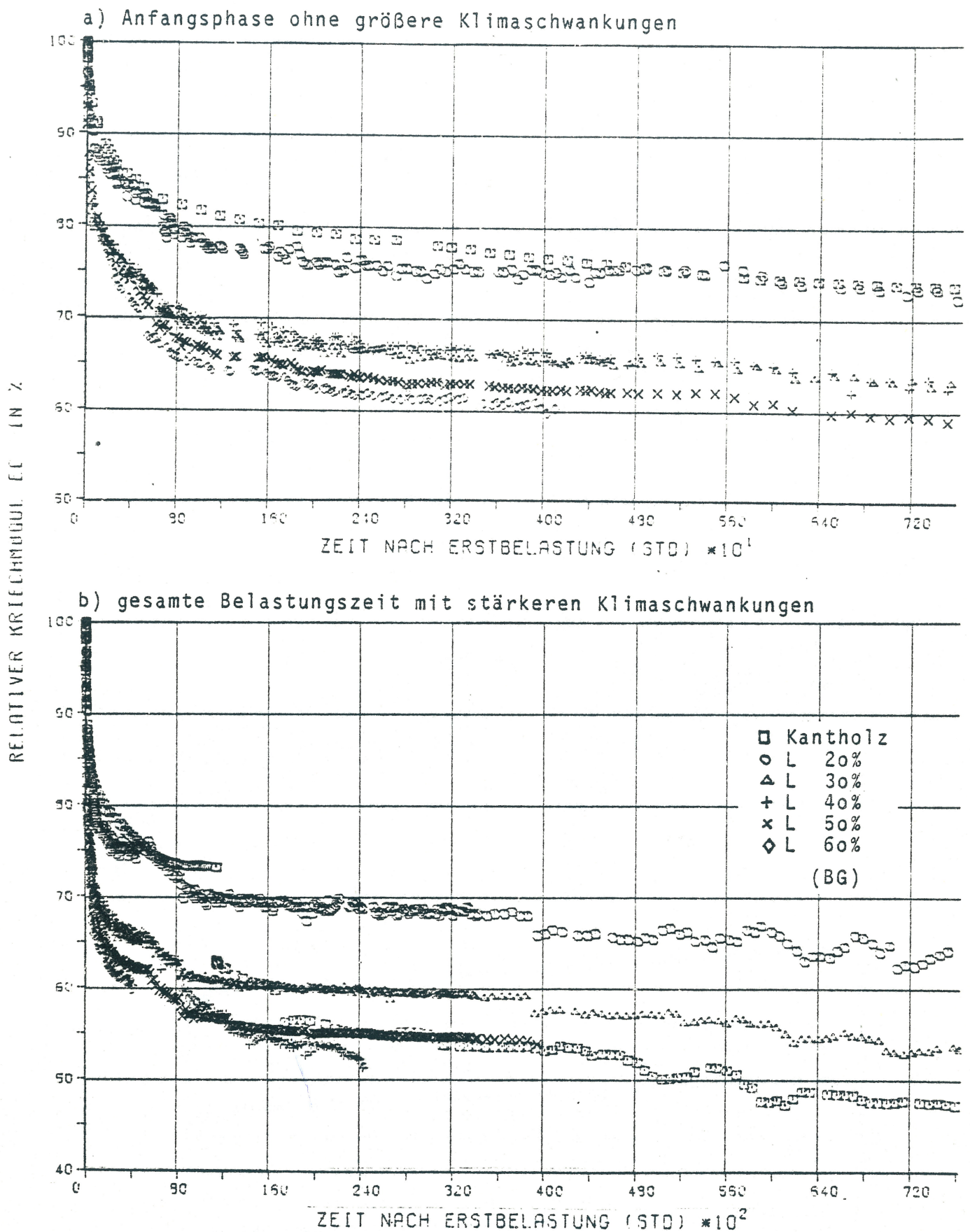


Bild 28 a-b: Einfluß der Probengröße auf das Biegekriechen (relativer Kriechmodul) von Fichte im Klima 20/55: Vergleich Kantholz ($80 \times 110 \text{ mm}^2$) / Einfeldträger L (liegende Jahrringe, $15 \times 30 \text{ mm}^2$) a) in den ersten 300 Tagen, b) über gesamte Versuchszeit (Belastungsgrad nach 500 Tagen von 20% auf 25% erhöht).

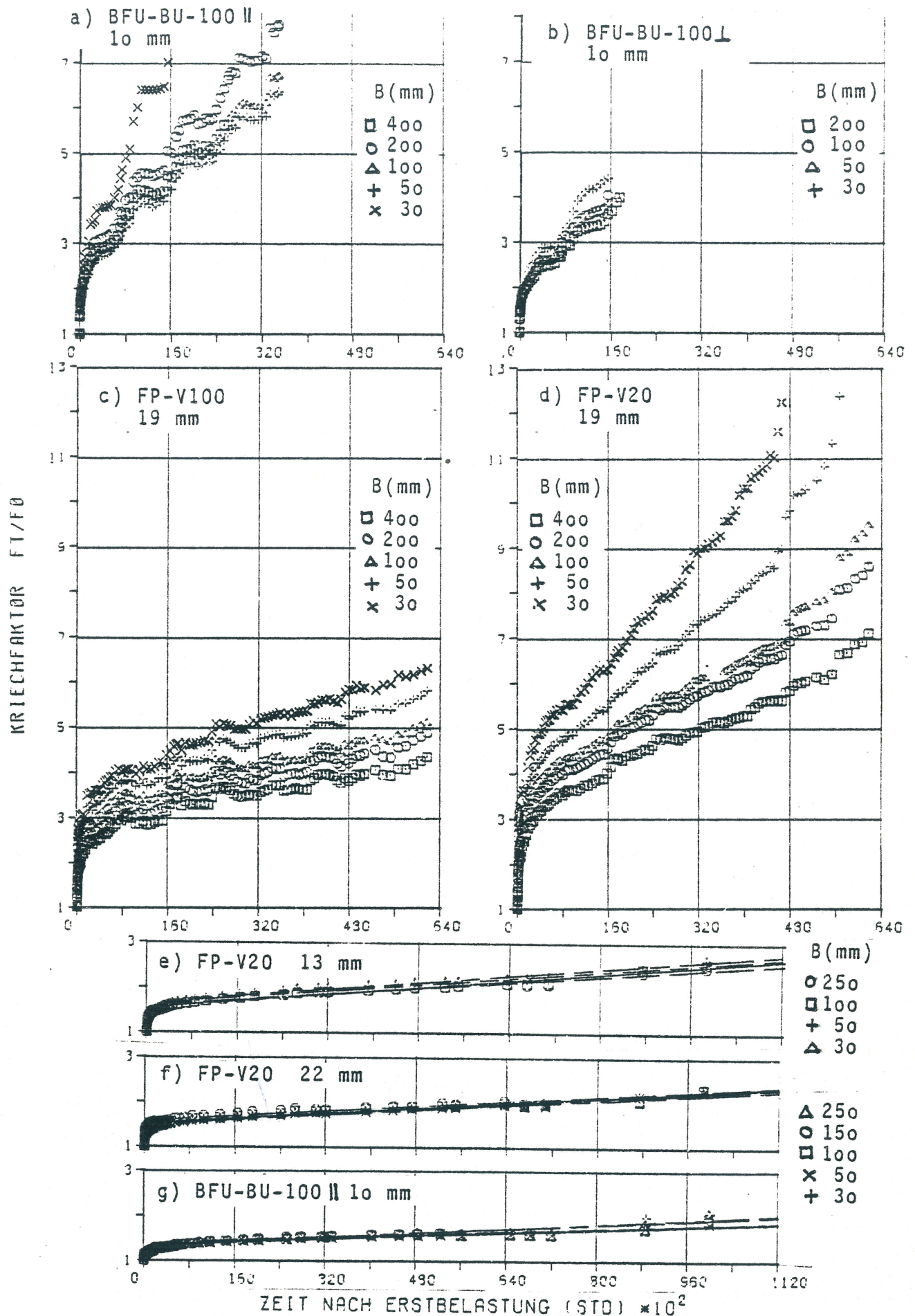


Bild 29 a-g: Einfluß der Probenbreite auf das Biegekriechen von Furniersperrholz (a,b,g) und Spanplatten (c-f) im Außenklima (a-d) und im konstanten Normalklima 20/65 (e-g).

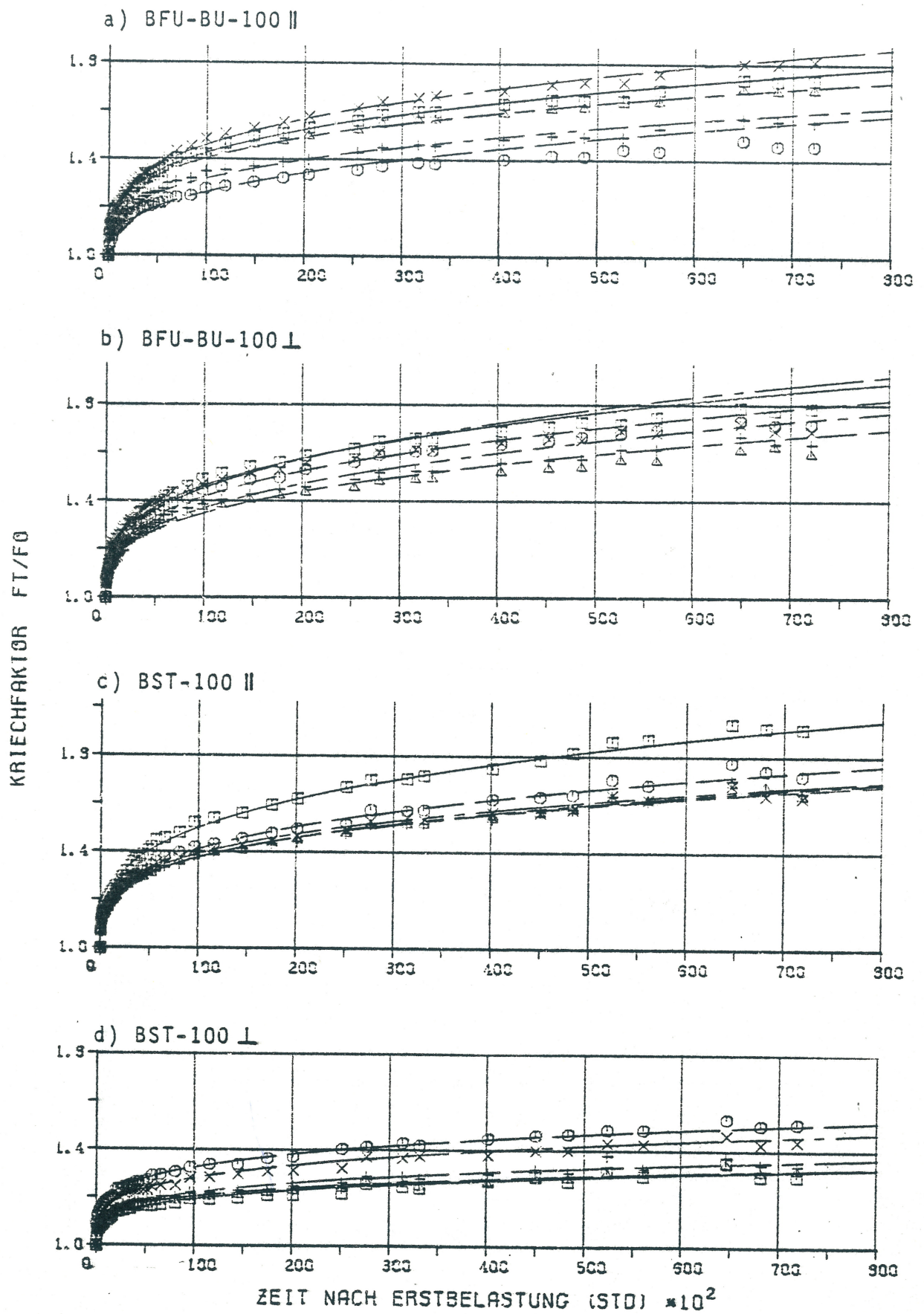


Bild 30 a-d: Streuung der Einzelproben von Furnier- und Stabsperrholz im Normalklima 20/65 (Probenbreite 50 mm, BG = 20%).

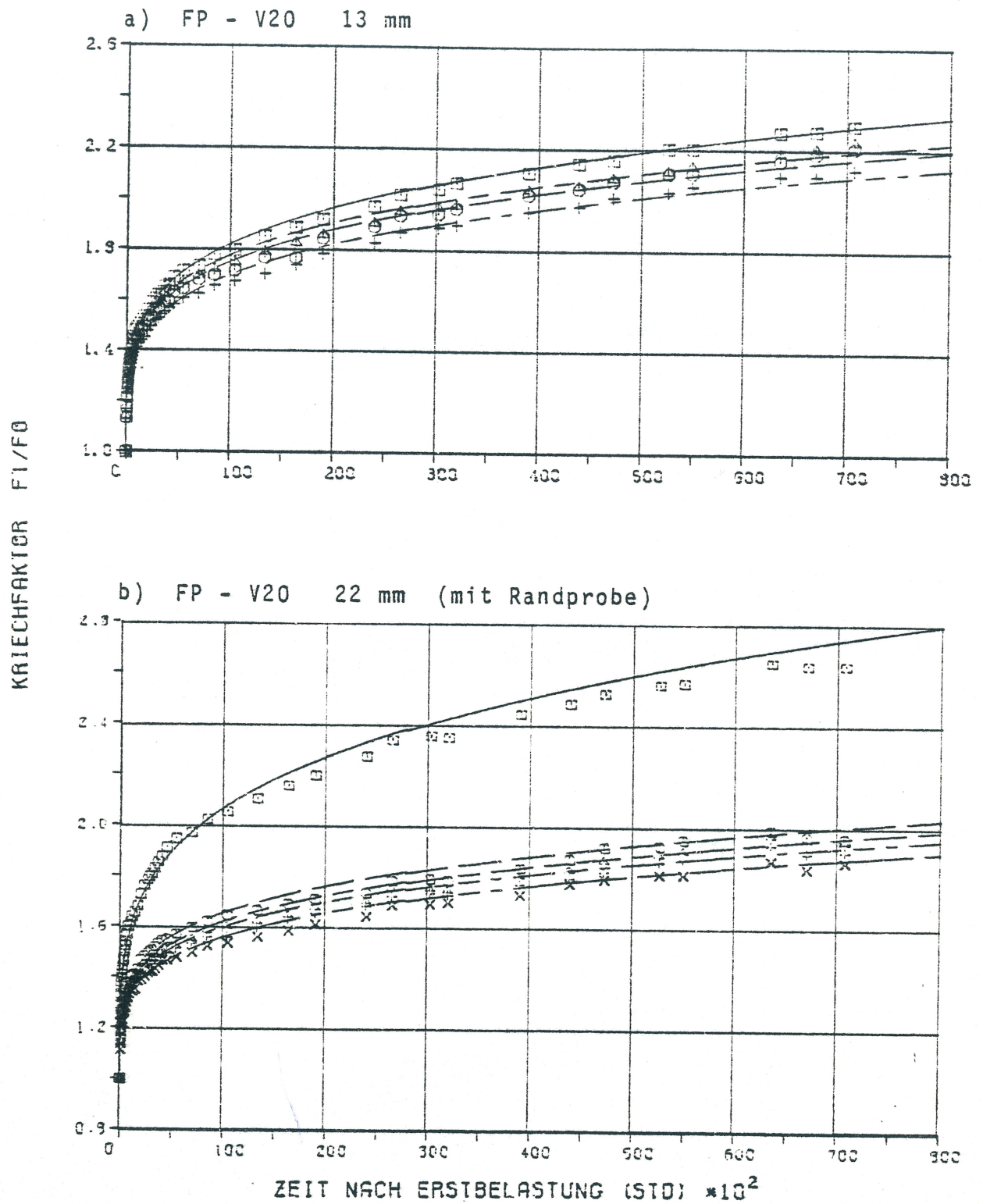


Bild 31 a-b: Streuung der Einzelproben von Spanplatten FP-V20 im Normalklima 20/65 (B = 50 mm, BG = 20%).

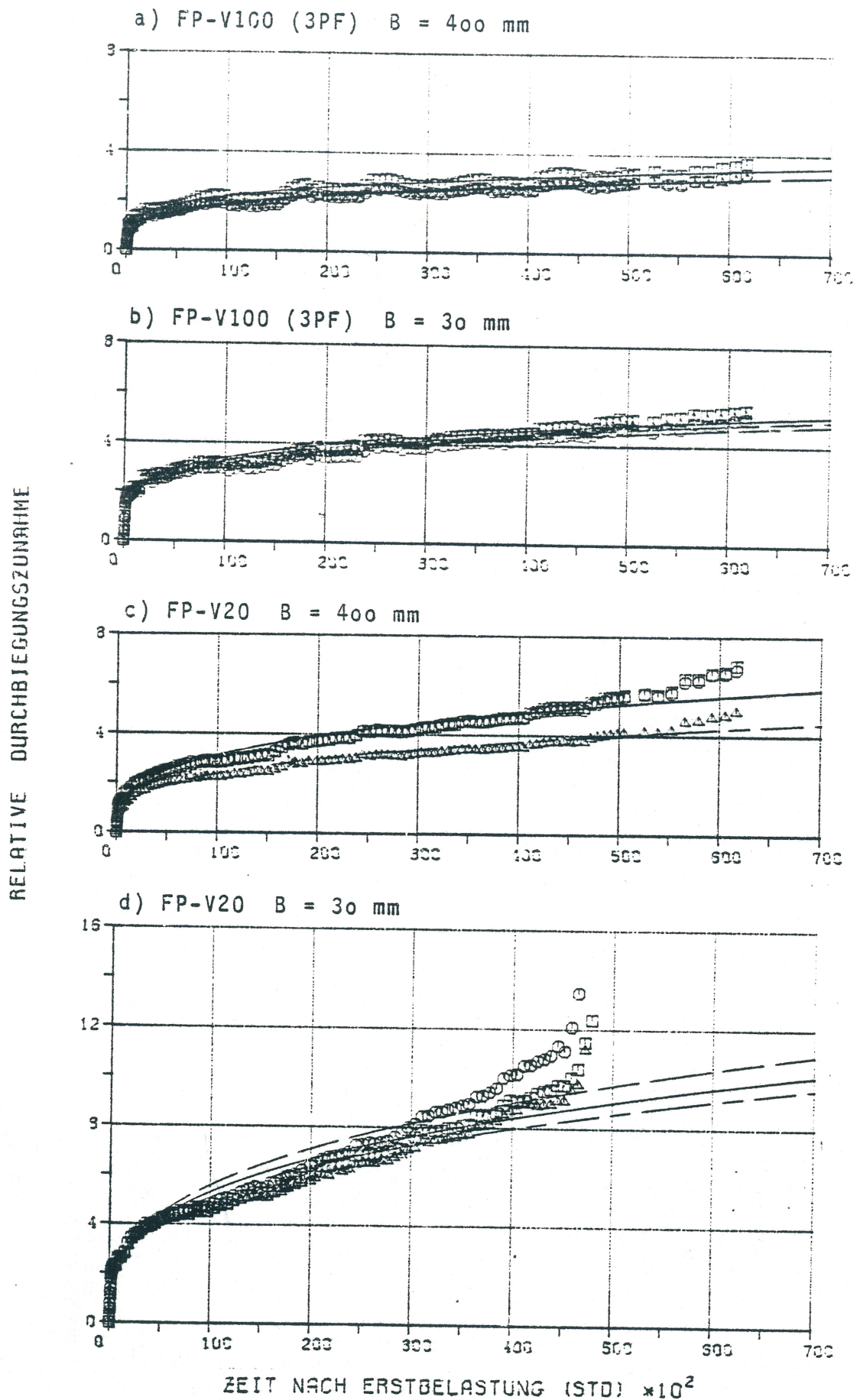


Bild 32 a-d: Streuung der Einzelproben von verschiedenen verleimten und verschiedenen breiten Spanplatten im Außenklima (BG = 20%).

RELATIVE DURCHBIEGUNGSZUNAHME

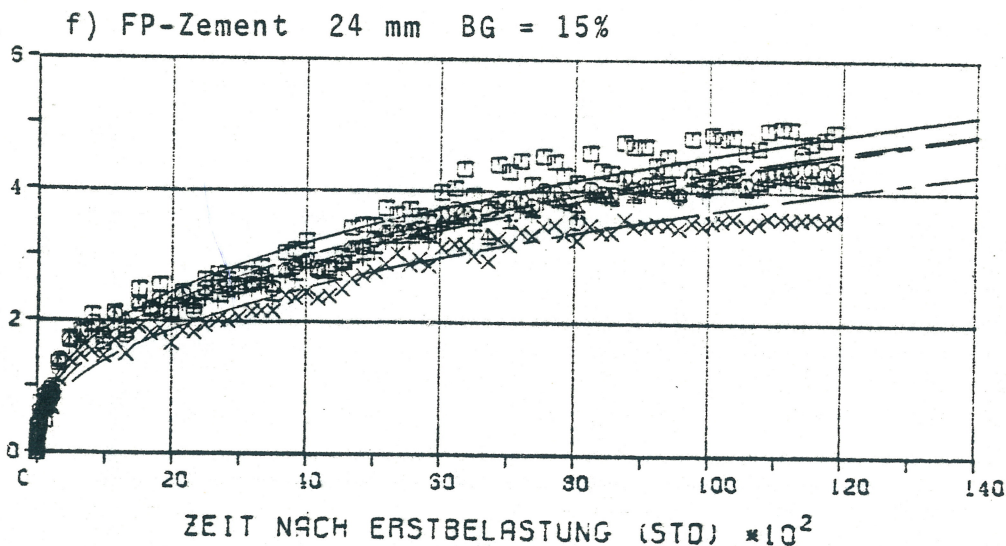
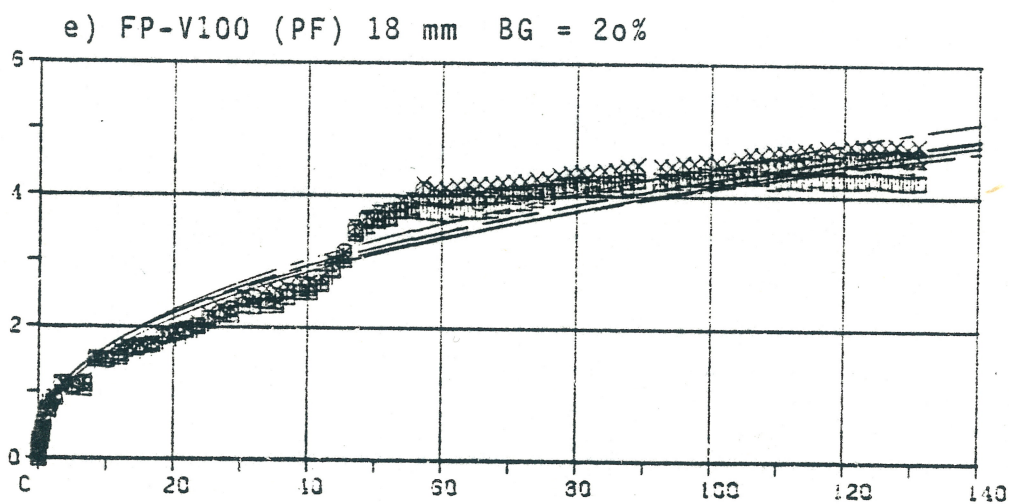
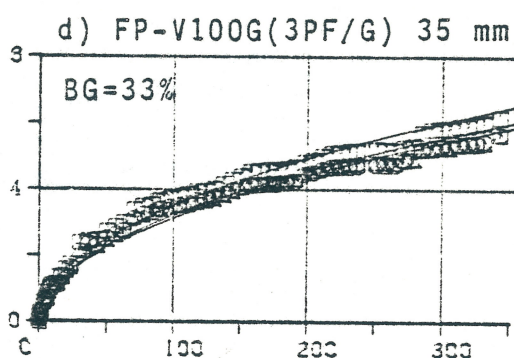
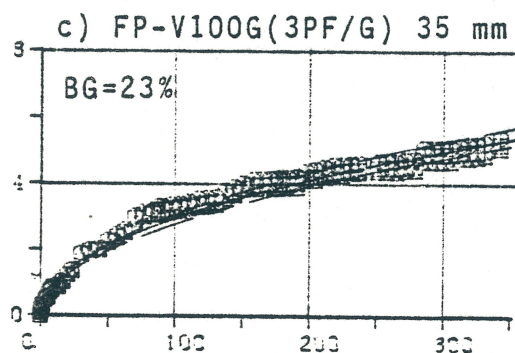
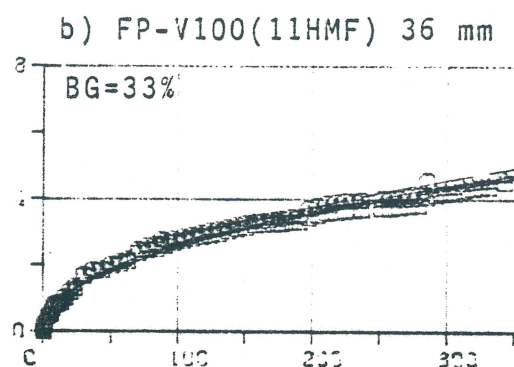
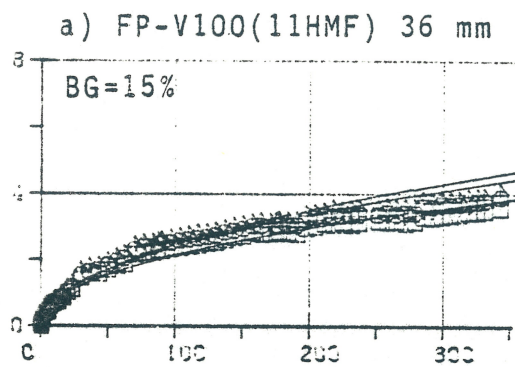


Bild 33 a-f: Streuung der Einzelproben weiterer Spanplatten (FP-V100 und zementgebundene FP) im Außenklima (B = 300 mm).

RELATIVE DURCHBIEGUNGSZUNAHME

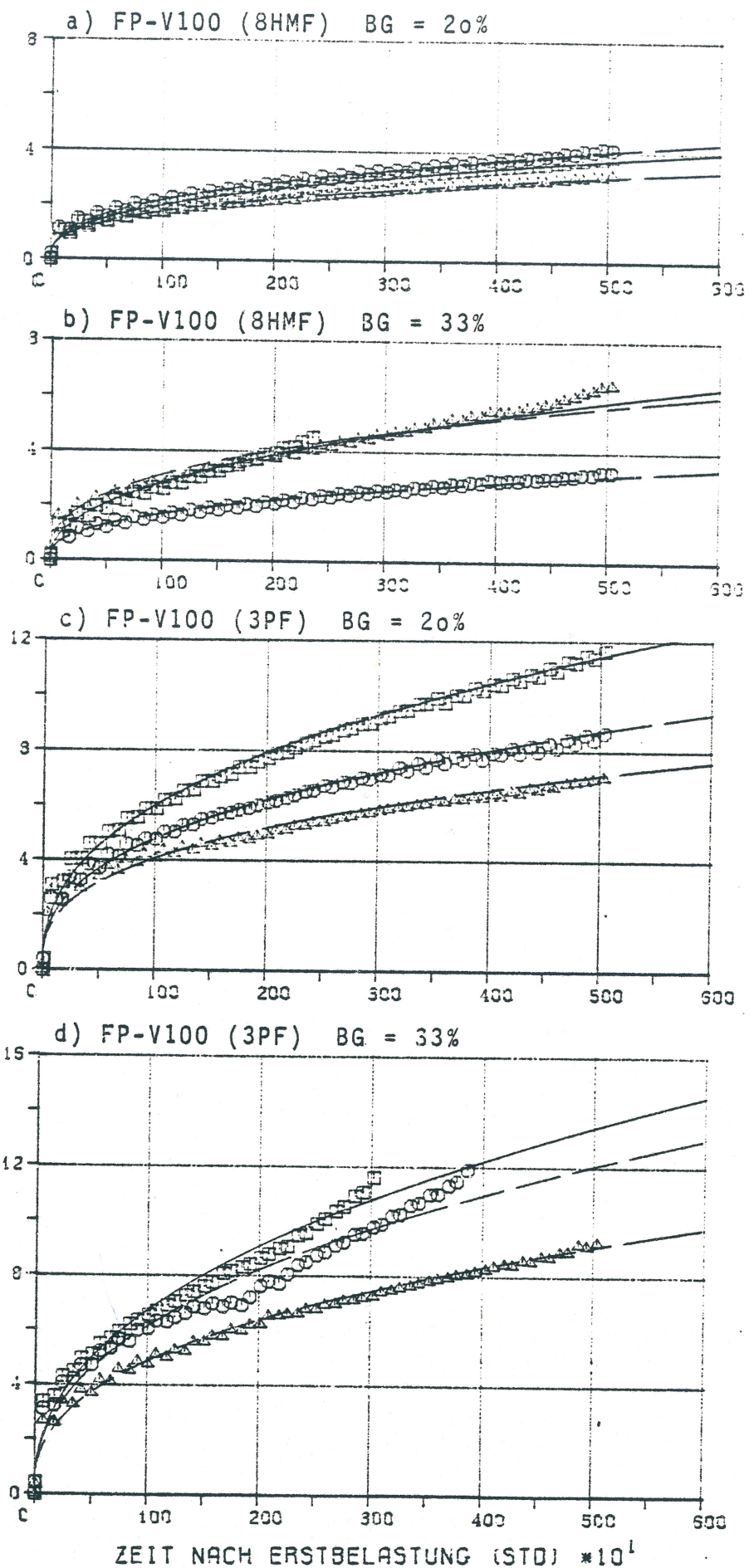


Bild 34 a-d: Streuung der Einzelproben von Spanplatten FP-V100 im definierten Wechselklima 20/95-20/30 (B = 50 mm, h = 19 mm).

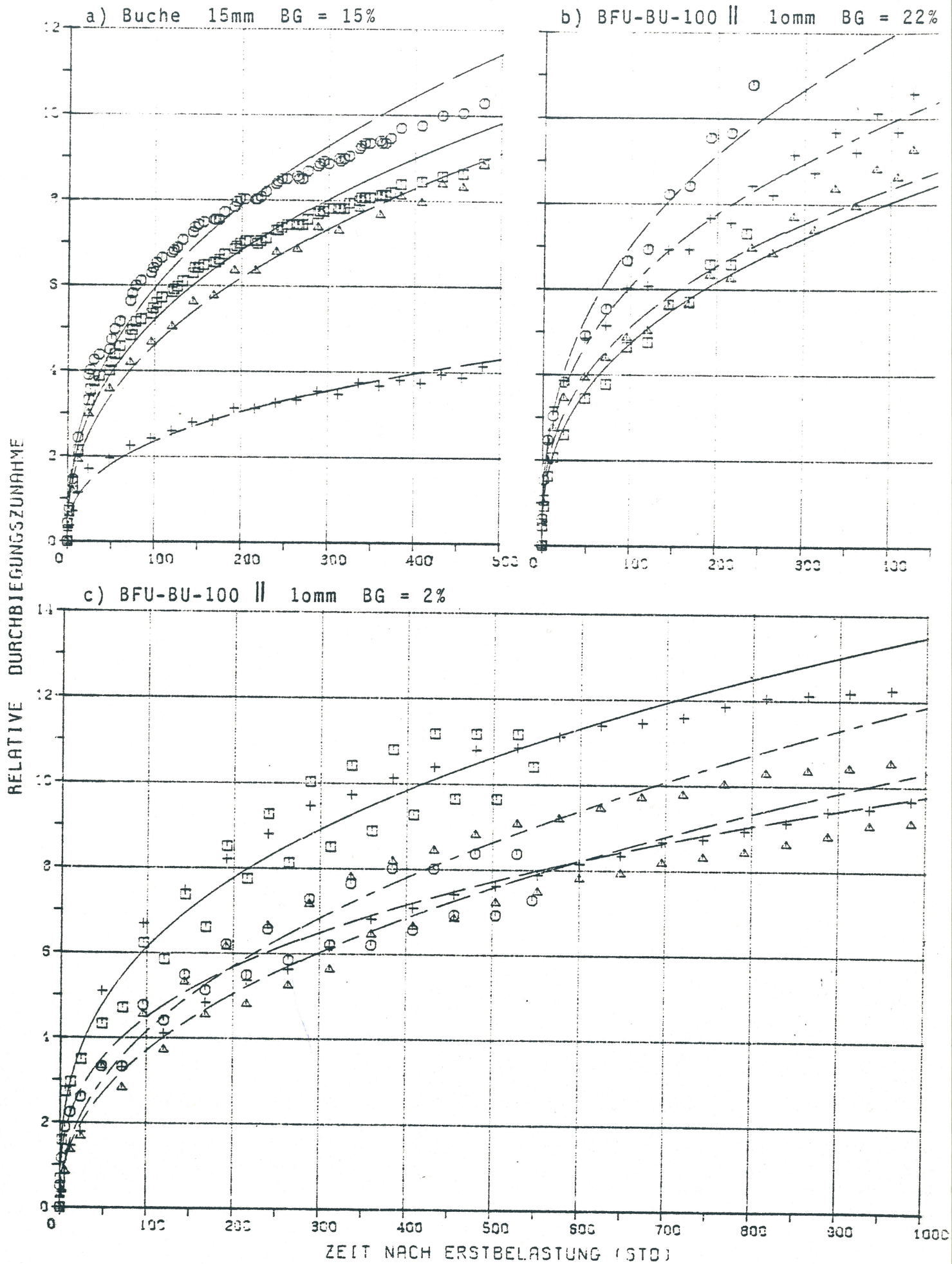
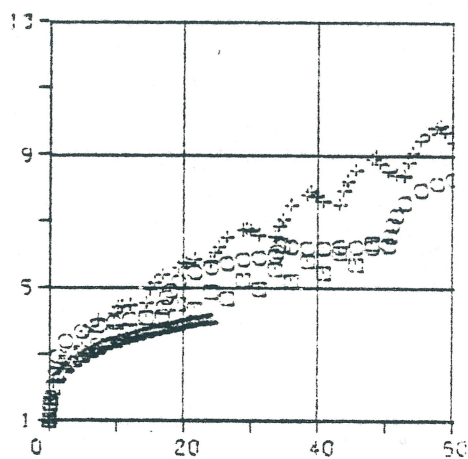


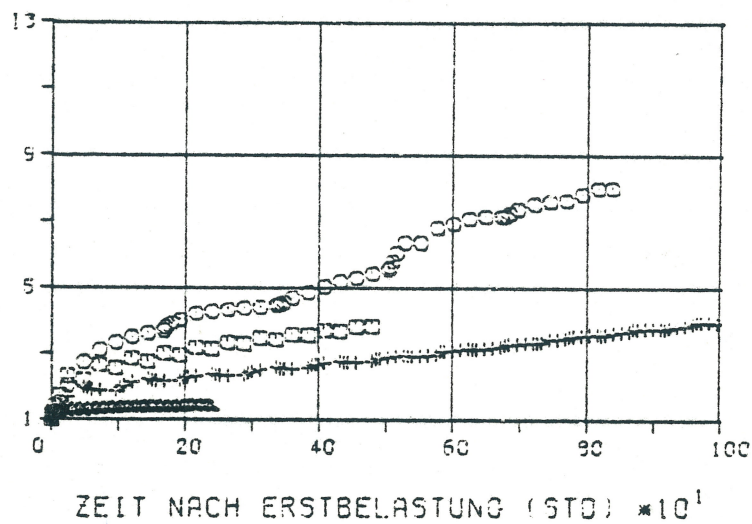
Bild 35 a-c: Streuung bei wiederholten Kriechversuchen an Buche und Furniersperrholz (Buche) im Wechselklima 20/95-20/25 (je 24h), B=30mm.

KRIECHFAKTOR F_t/F_0

a) BFU-BU-100 II



b) BFU-BU-100 I



△ 6 h □ 24 h + 48 h ○ 168 h je Stufe

Bild 37 a-b: Einfluß der Zykllendauer im Wechselklima 20/95-20/25 auf das Biegekriechen von Furniersperrholz (B=30mm, h=10mm, BG=20%).

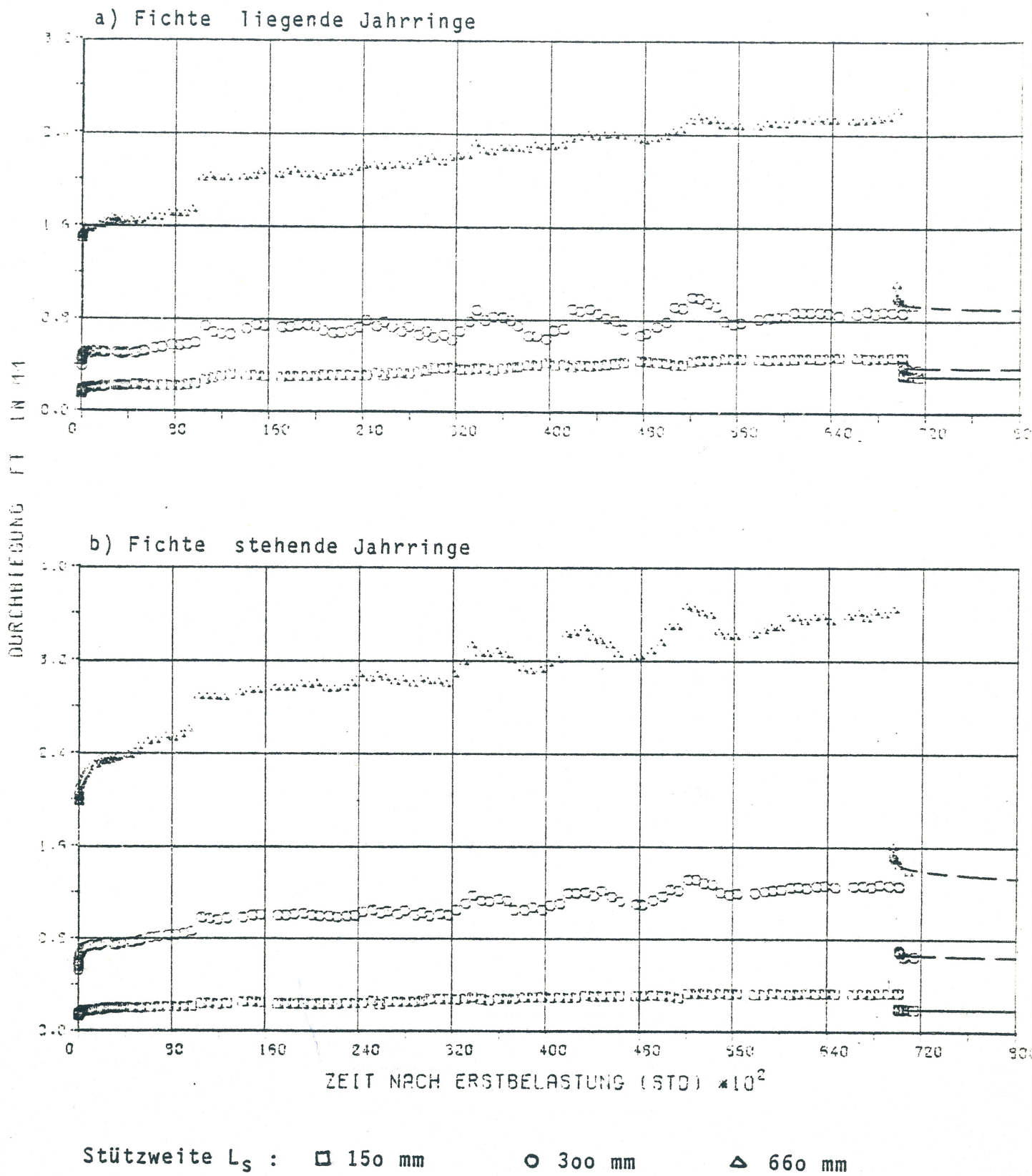


Bild 38 a-b: Kriechverformungen unter Last und nach Entlastung von Fichte (Einfeldträger mit Querkraft) im Klima 20/55 in Abhängigkeit von der Stützweite (BG = 18%).

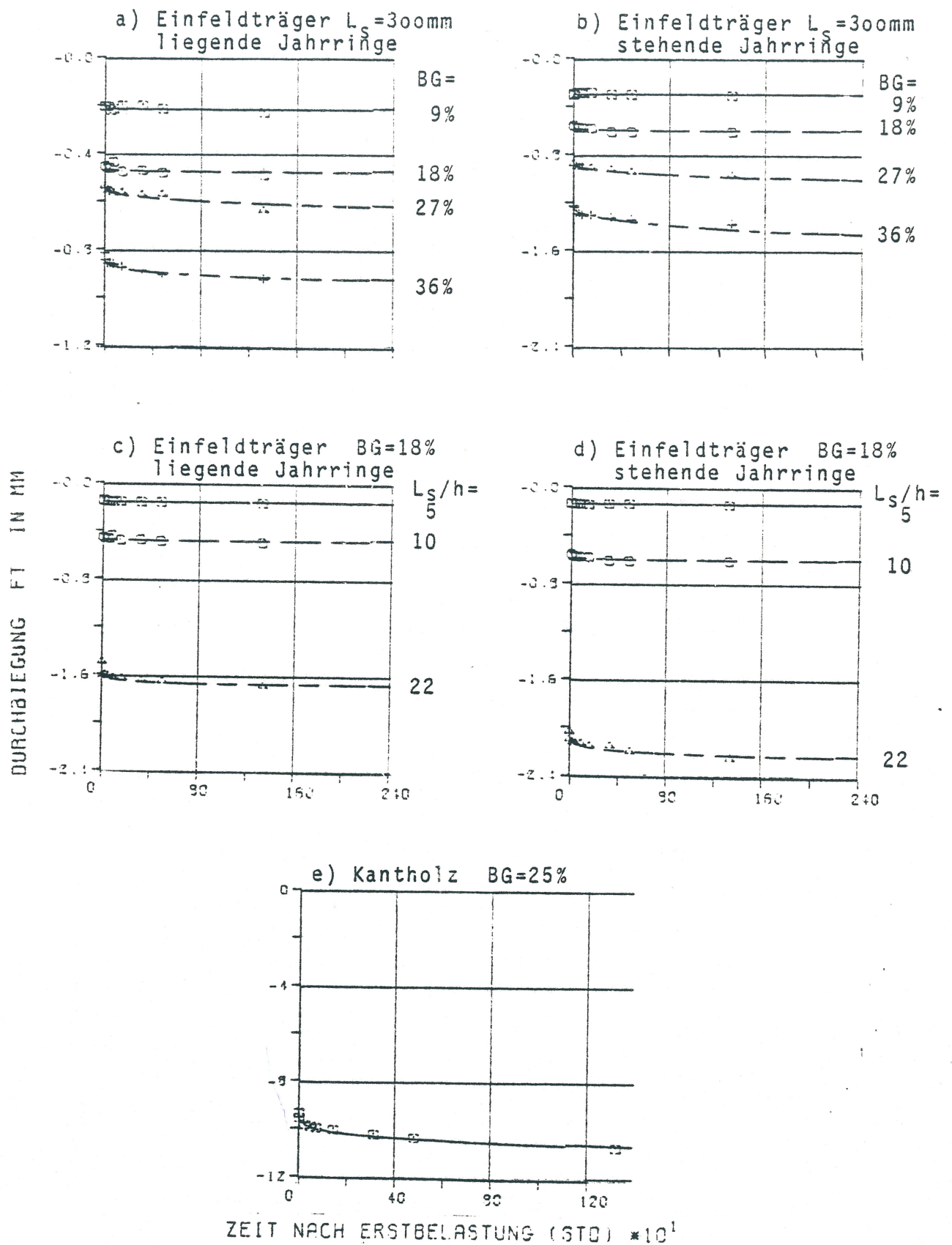


Bild 39 a-e: Rückbildung der Kriechverformungen nach Entlastung von Fichte im Klima 20/55; Einfeldträger ($15 \times 30\text{mm}^2$) mit Querkraft (a-d); Kantholz ($80 \times 110\text{mm}^2$) (e); Belastungsdauer ca. 8 Jahre.

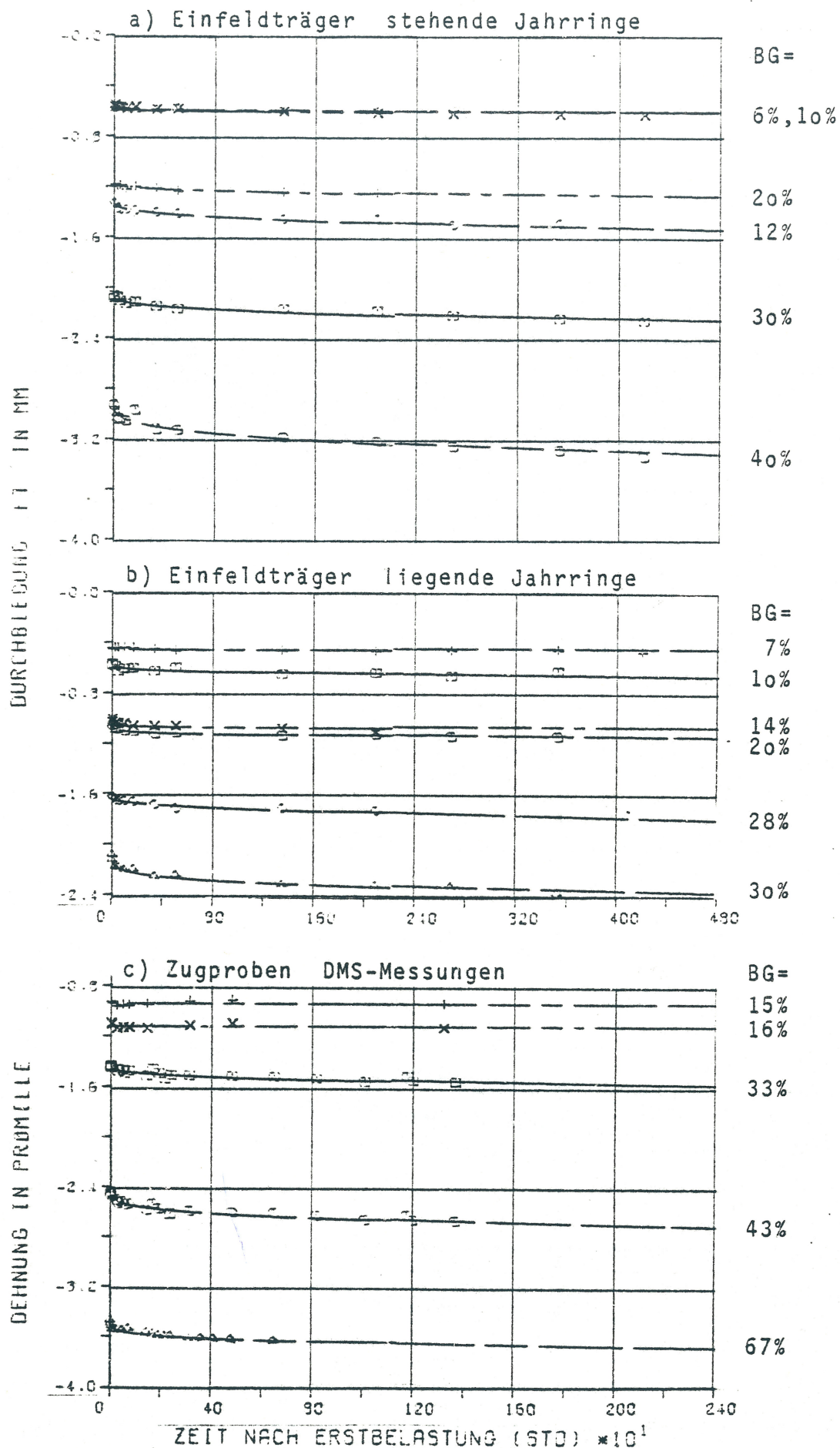


Bild 40 a-c: Rückbildung der Kriechverformungen von Fichte nach Entlastung in Abhängigkeit vom Belastungsgrad während der ca. 8,5jährigen Belastungsdauer im Klima 20/55; Einfeldträger (4-Punkt-Last) (a-b), Zugproben (c)

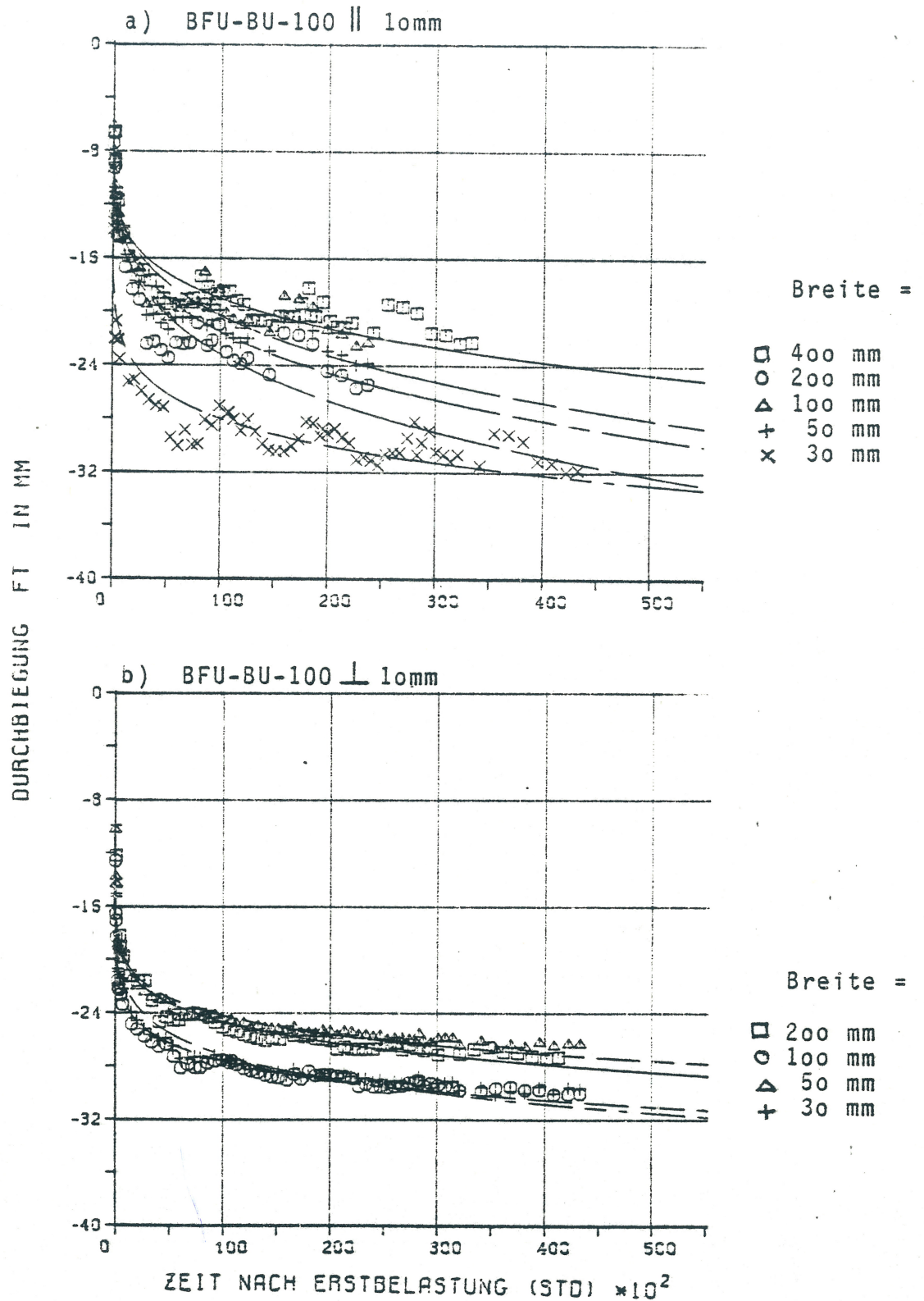


Bild 41 a-b: Rückbildung der Kriechverformungen nach Entlastung von Furniersperrholz aus Buche im natürlichen Außenklima in Abhängigkeit von der Probenbreite (Belastungsdauer ca. 3-4 Jahre, BG = 20%, je 1 = 3 Einzelproben).

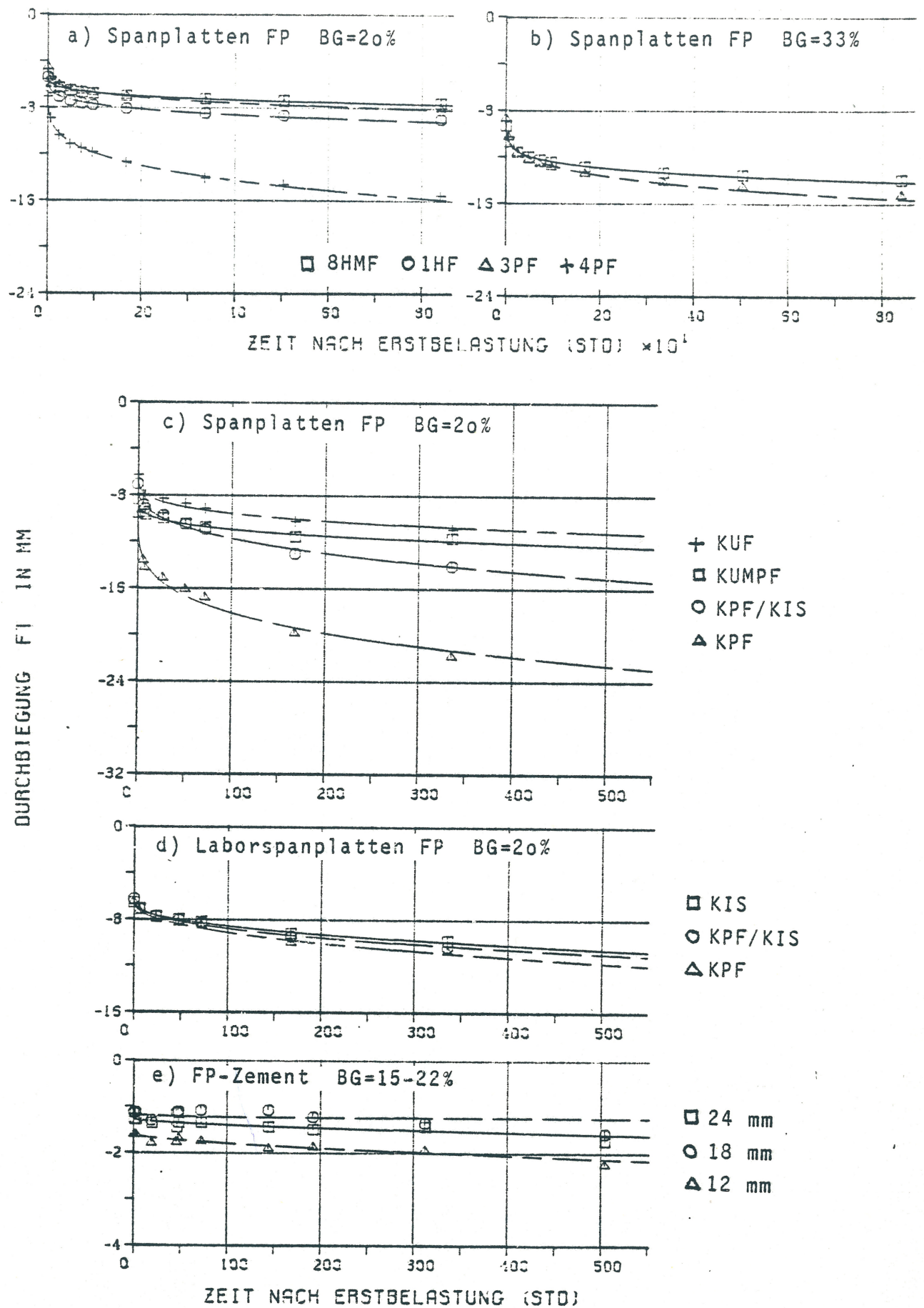


Bild 42 a-e: Rückbildung der Kriechverformungen nach Entlastung von verschiedenen verleimten Spanplatten im Außenklima (Belastungsdauer 1-2 Jahre; je 1 = 3-5 Einzelproben).

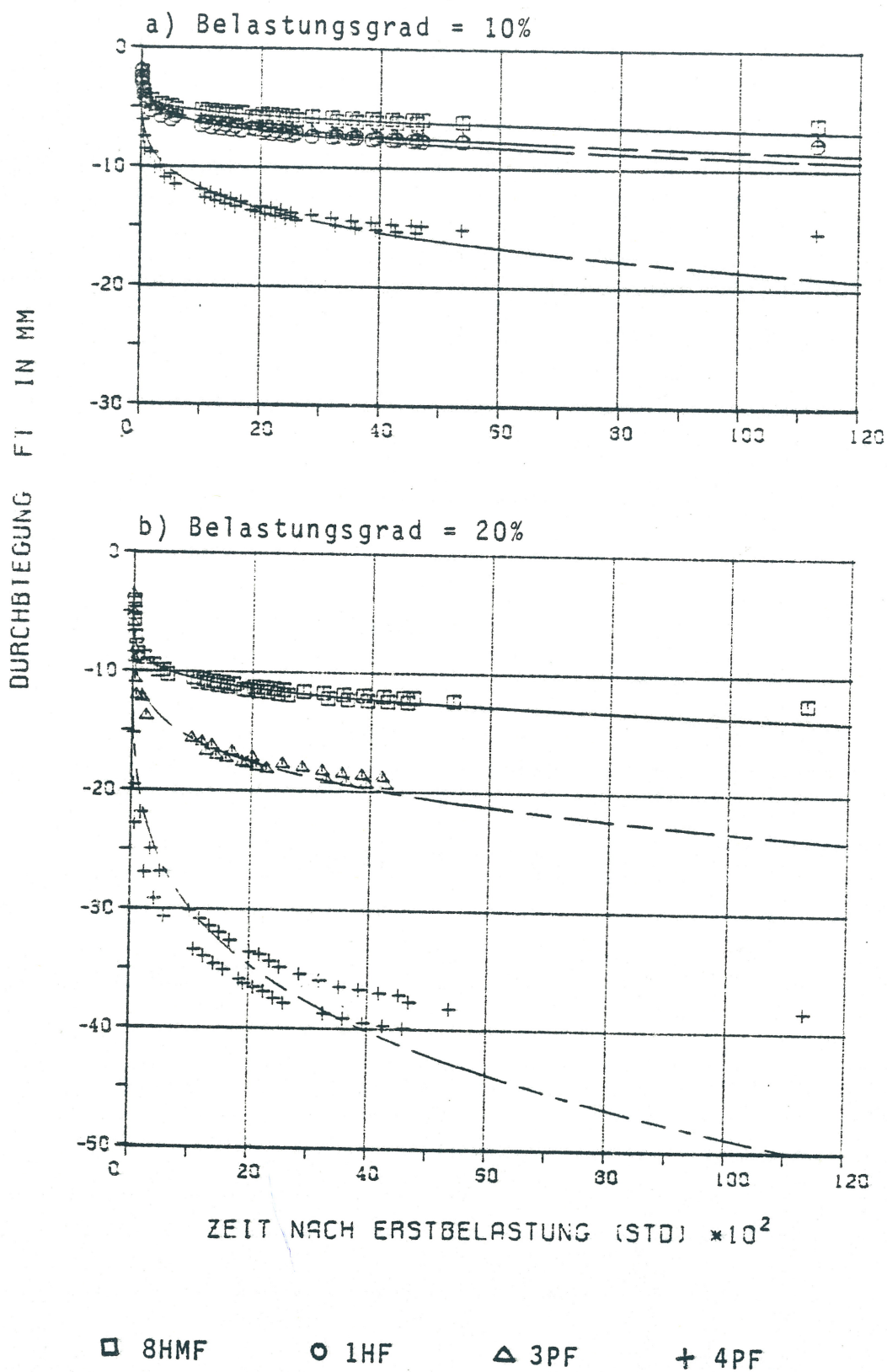


Bild 43 a-b: Rückbildung der Kriechverformungen nach Entlastung von verschiedenen verleimten Spanplatten im Wechselklima 20/95-20/30 (Belastungsdauer 30 Wochen, $B=50$ mm, je $l = 3$ Einzelproben).

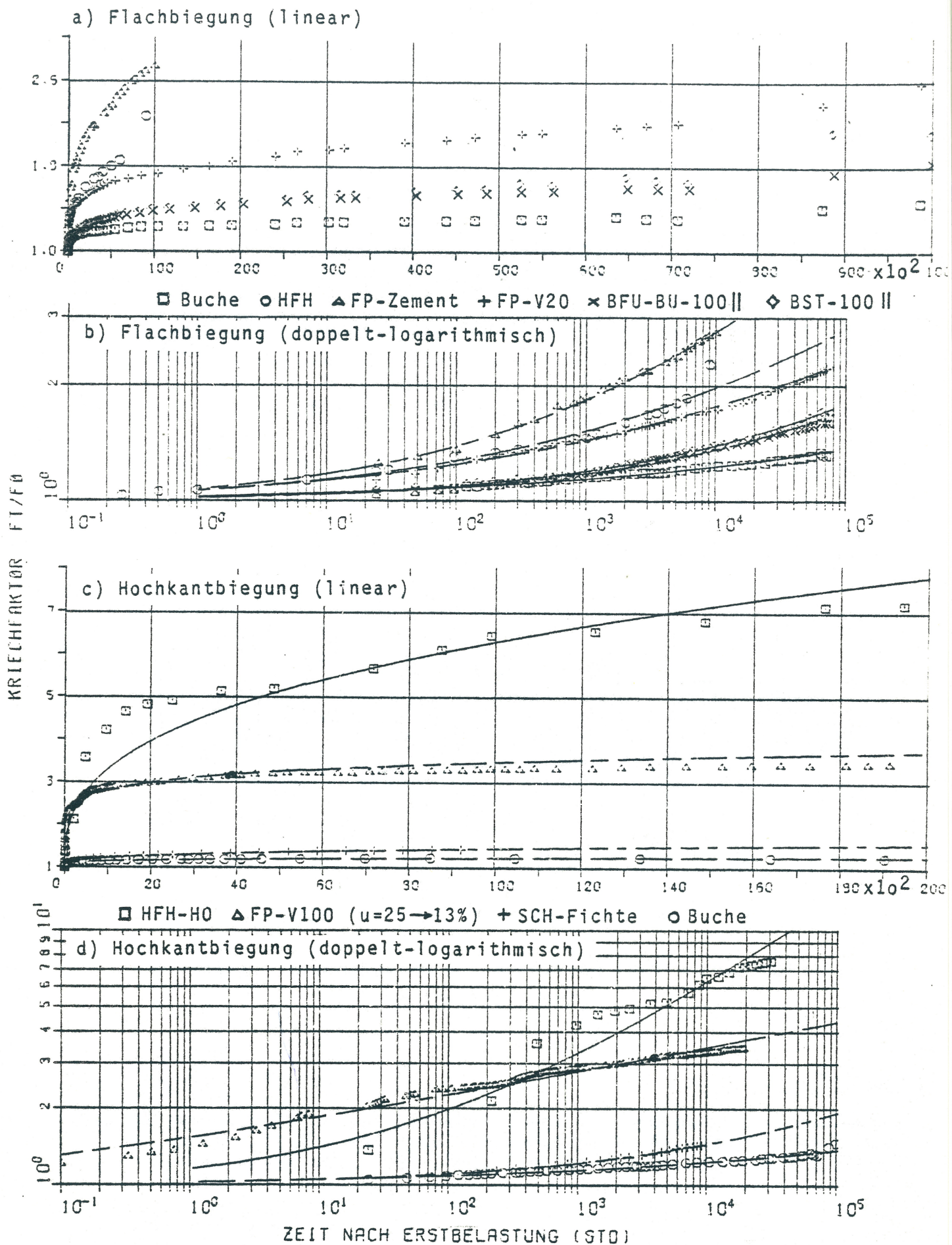
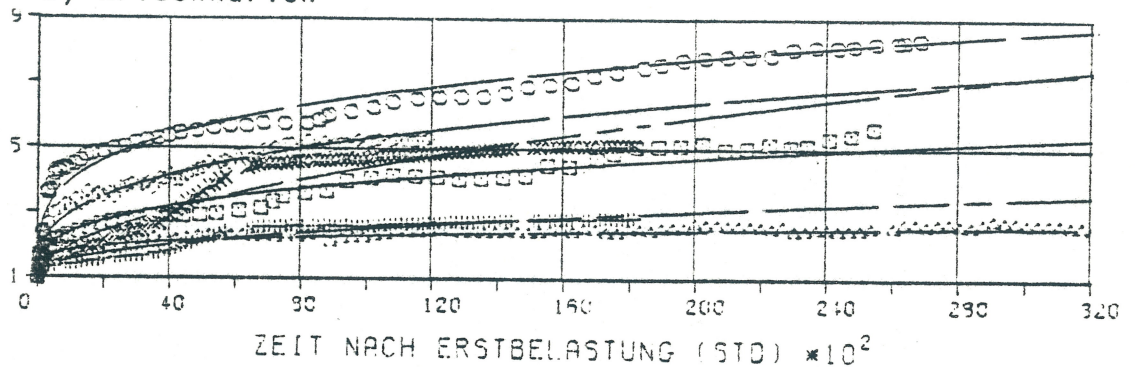


Bild 45 a-d: Vergleich des Biegekriechens von Holz und Holzwerkstoffen im Klima 20/65 in linearer (a+c) und doppelt-logarithmischer (b+d) Darstellung (je 1 = 3-5 Einzelproben).

KRIECHFAKTOR F_t/F_0

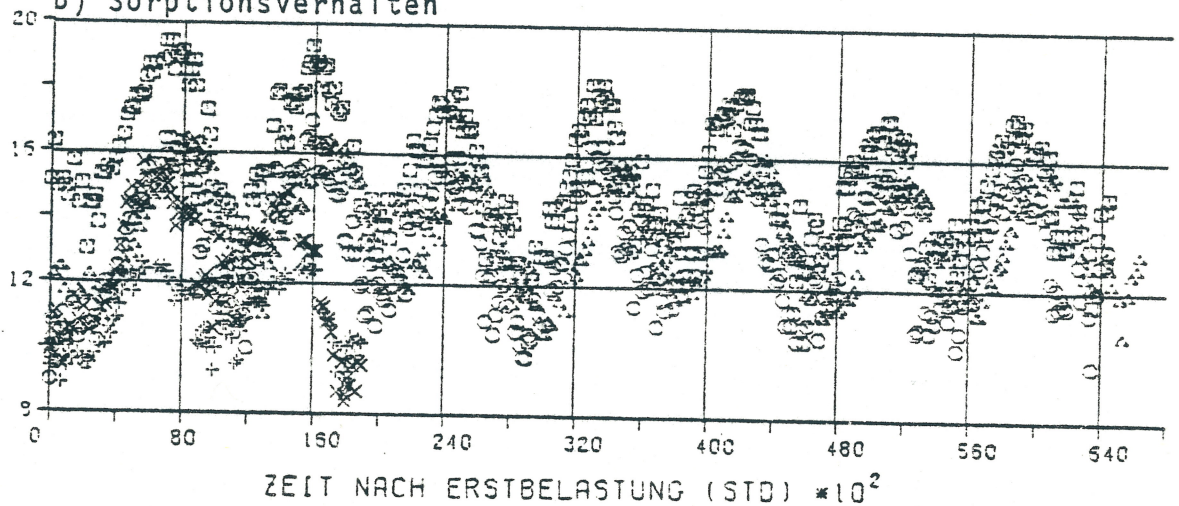
a) Kriechkurven



○ HFH-SV2 ◇ FP-Zement × 3PF □ BFU-BU-100 || + 8HMF ▲ Fichte

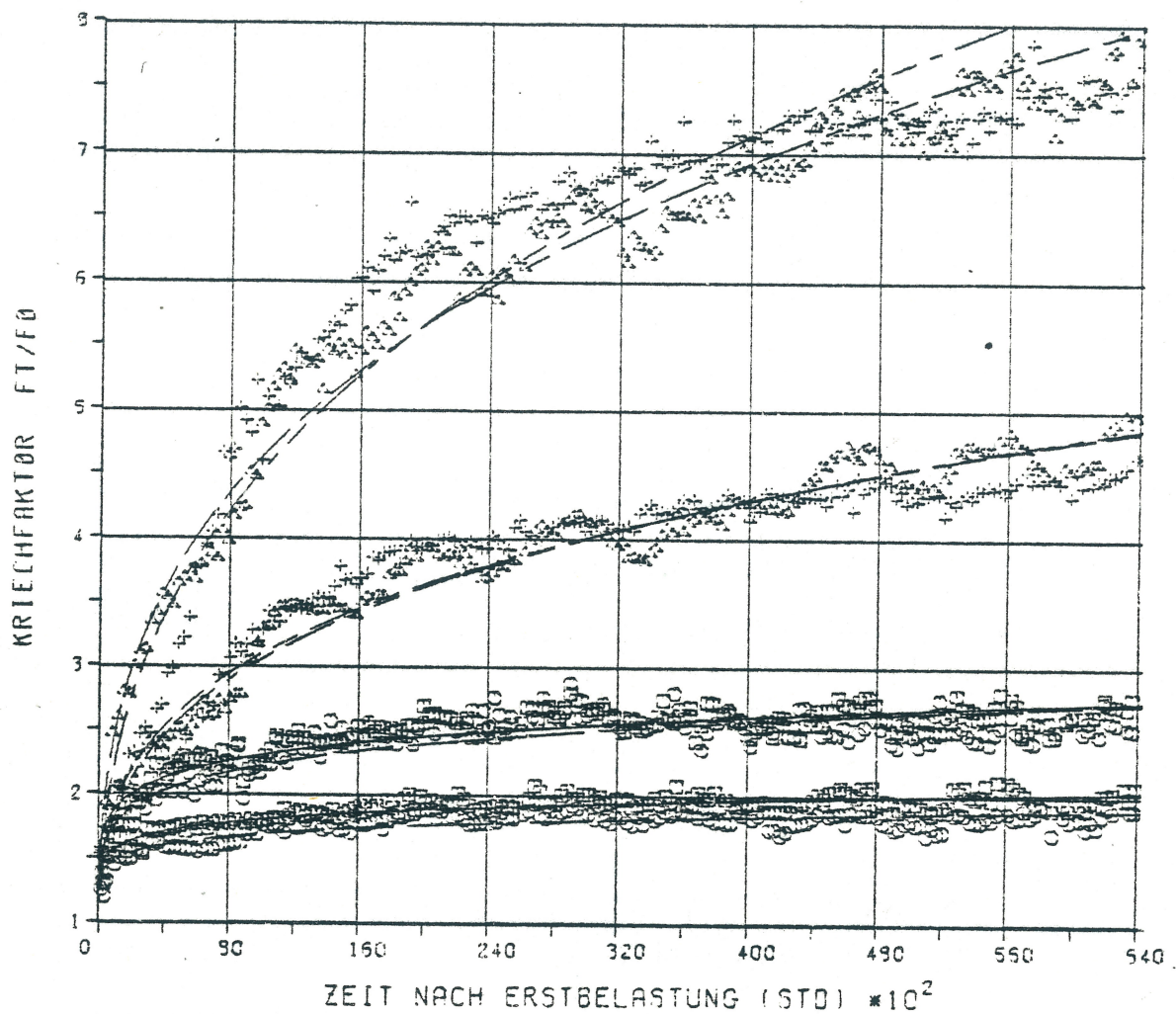
FEUCHTIGKEITSGEHALT IN %

b) Sorptionsverhalten



□ Fichte ○ BFU-BU-100 || ▲ FP-V100 (PF) × FP-V100(3PF)
+ FP-V100 (8HMF)

Bild 46 a-b: Vergleich des Biegekriechens (a) und der Feuchteschwankungen (b) von Holz und Holzwerkstoffen im natürlichen Außenklima unter Dach (BG = 20%, B = 300-400 mm, je l = 3-5 Einzelproben).



□ Fichte	○ BFU-LIM-100	△ BFU-BU-100	+ FP-V100 (PF)
(32x190mm ²)	(15x300mm ²)	(17x270mm ²)	(25x300mm ²)
BG = 14%-8%	12% - 6%	15% - 8%	18% - 10%

Bild 47: Vergleich des Biegekriechens von Fichte, Furniersperrholz aus Limba und aus Buche, sowie einer phenolharzverleimten V100-Spanplatte im Außenklima unter Wechsellast (Hüllkurven; Feuchteschwankungen der Fichte-, BFU-BU-100- und der V100-Proben siehe Bild 46b; Probenquerschnitt in Klammern).

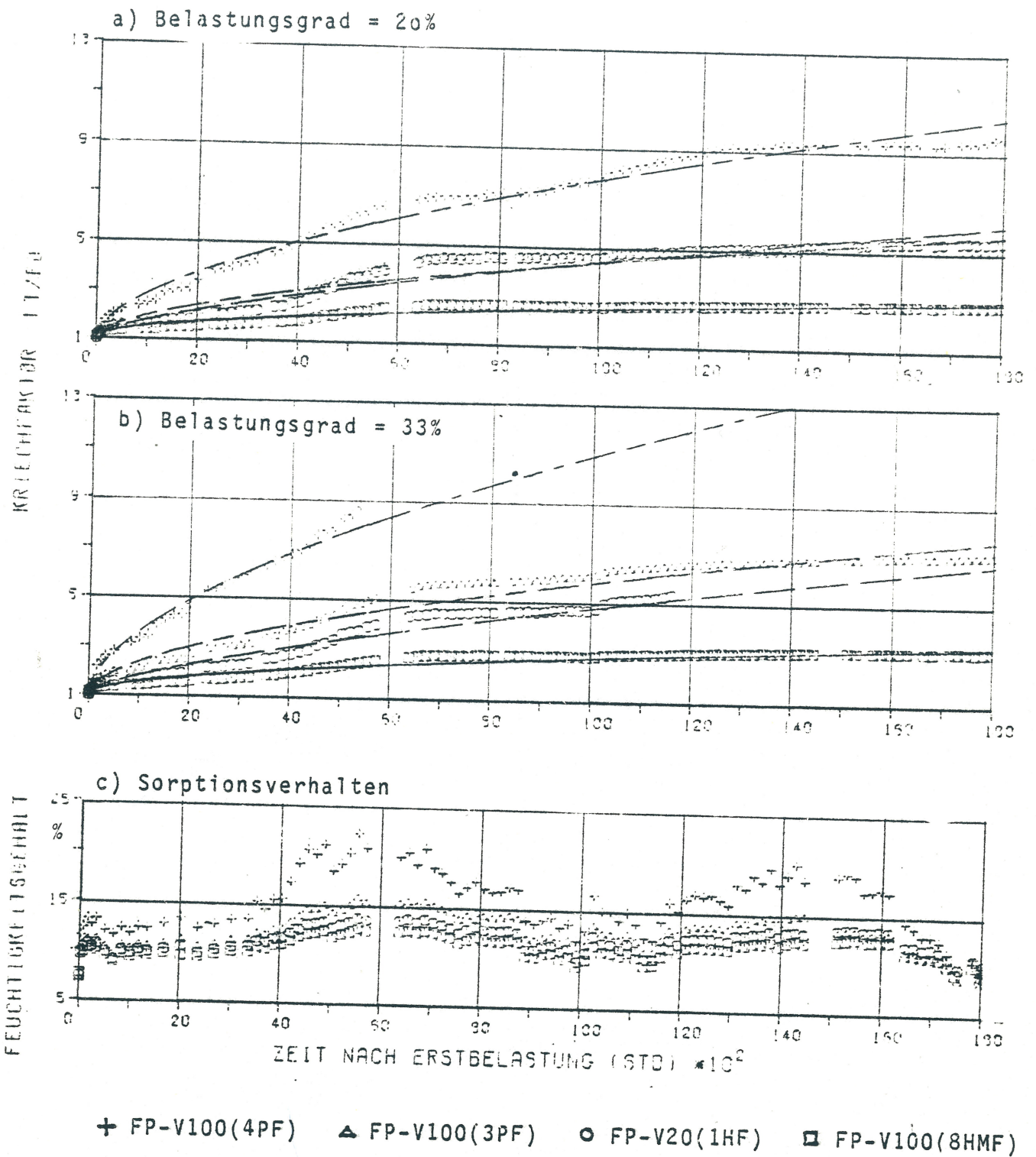


Bild 48 a-c: Vergleich des Biegekriechens (a+b) sowie der Feuchteschwankungen (c) verschieden verleimter Holzspanplatten im Außenklima unter Dach (B = 300 mm, h = 19 mm).

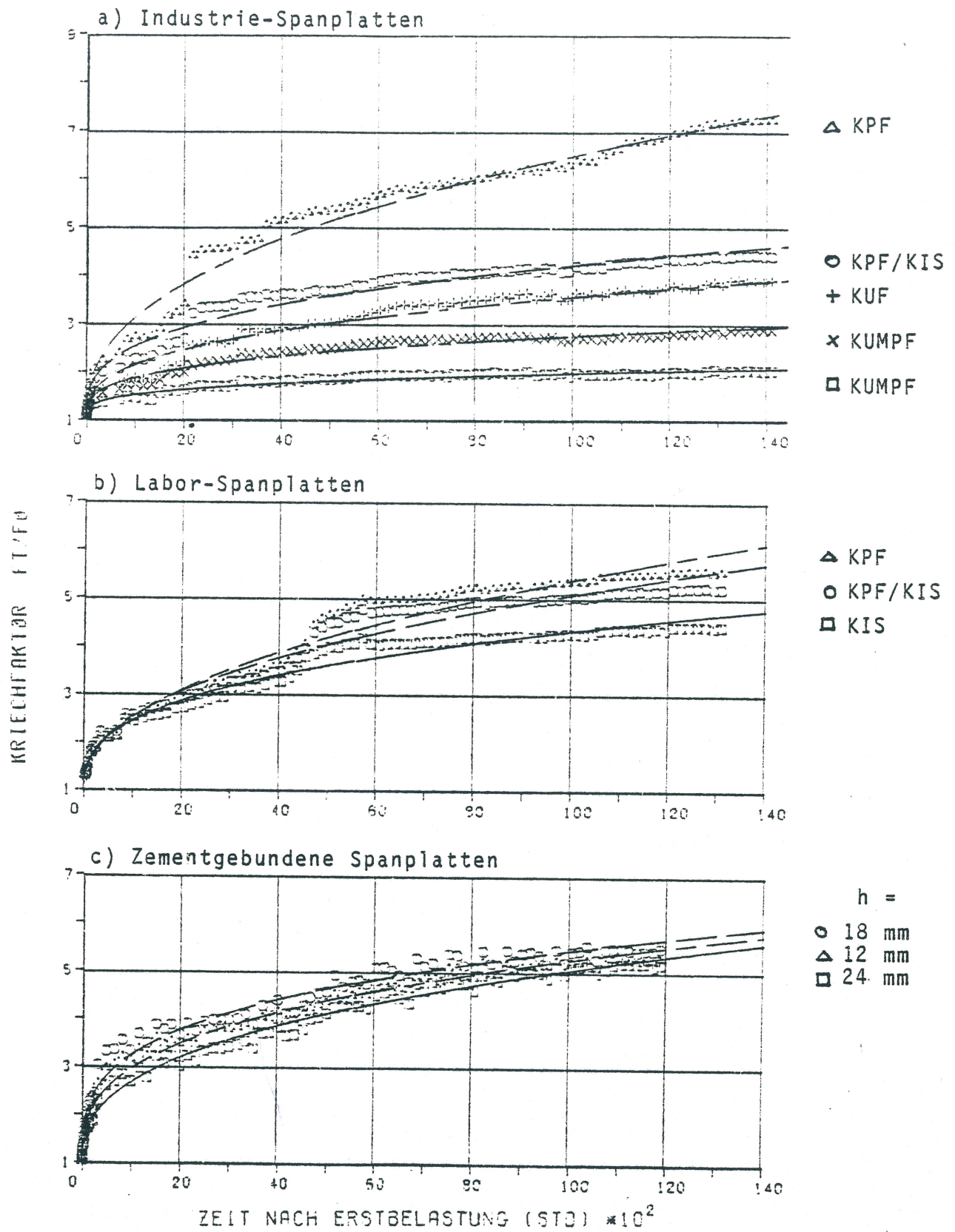


Bild 49 a-c: Vergleich des Biegekriechens weiterer Holzspanplatten unterschiedlicher Verleimung im Außenklima unter Dach (B = 300 mm, BG = 15...20%; je 1 = 3-5 Einzelproben).

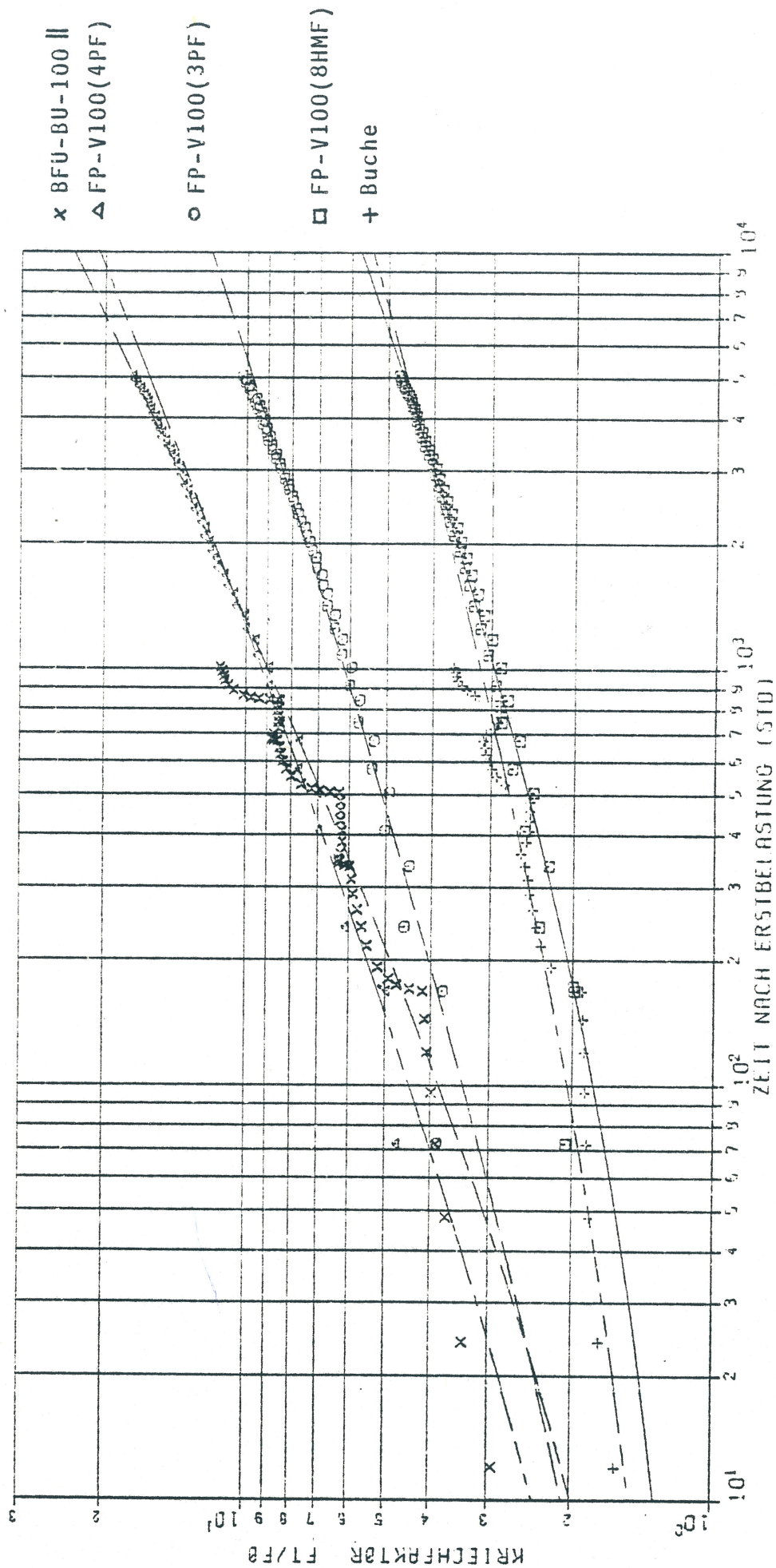


Bild 50: Vergleich des Biegekriechens von Vollholz, Furniersperrholz und Spanplatten im Wechselklima

+ x = 20/95-20/25 je 7 Tage; BG = 33%; B = 30 mm

Δ ○ □ = 20/95-20/30 je 3 bzw. 4 Tage; BG = 20%; B = 50 mm

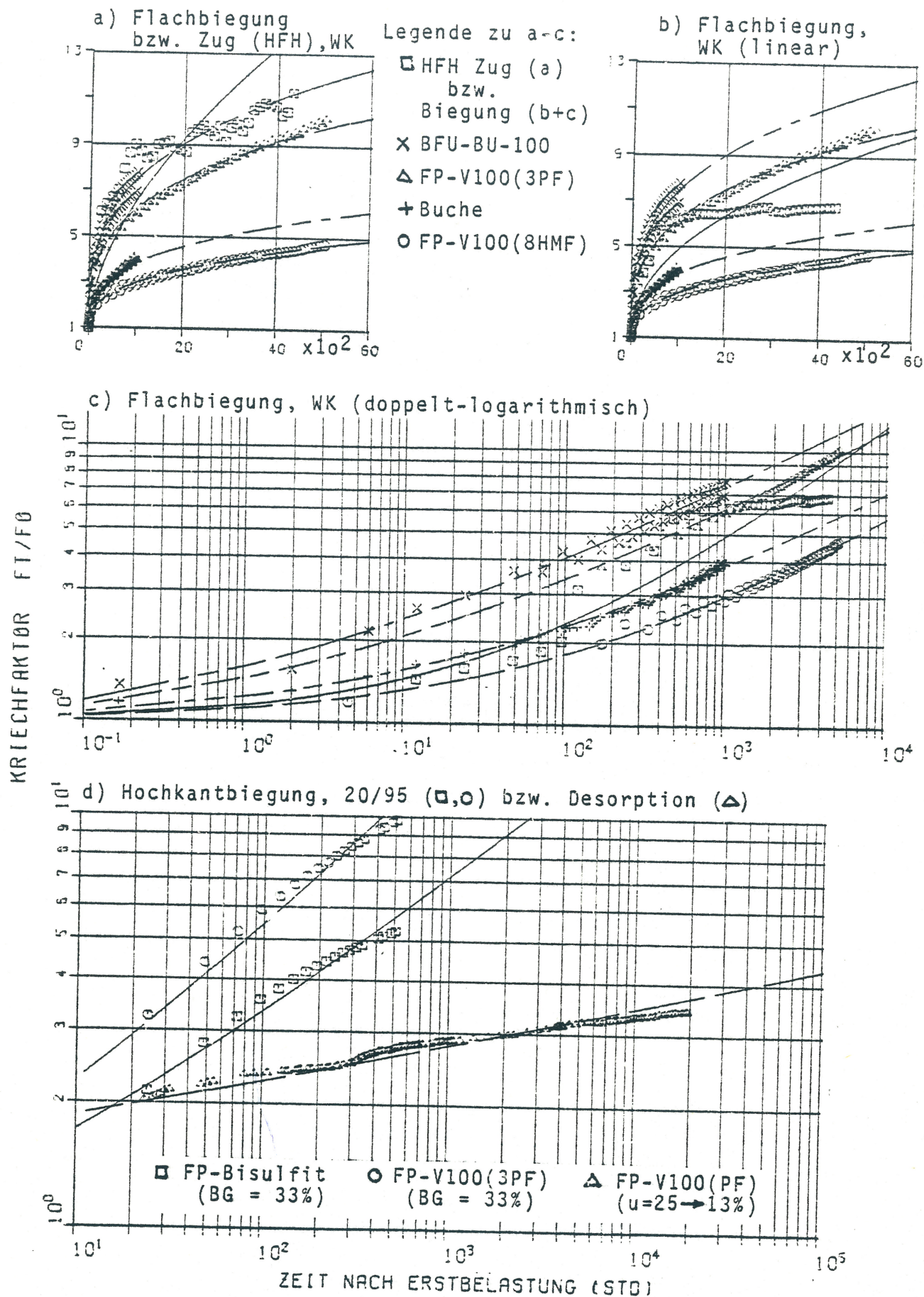


Bild 51 a-d: Vergleich des Kriechverhaltens von Vollholz, Furniersperrholz, Spanplatten und Holzfaserrichtplatten im Wechselklima (a-c; siehe Text) sowie von Spanplatten unter Hochkantbiegebeanspruchung im Feuchtklima 20/95 bzw. bei Austrocknung unter Last (schmale Proben; Belastungsgrad ca. 20%, bei Proben □+○ in Bild d) 33%).

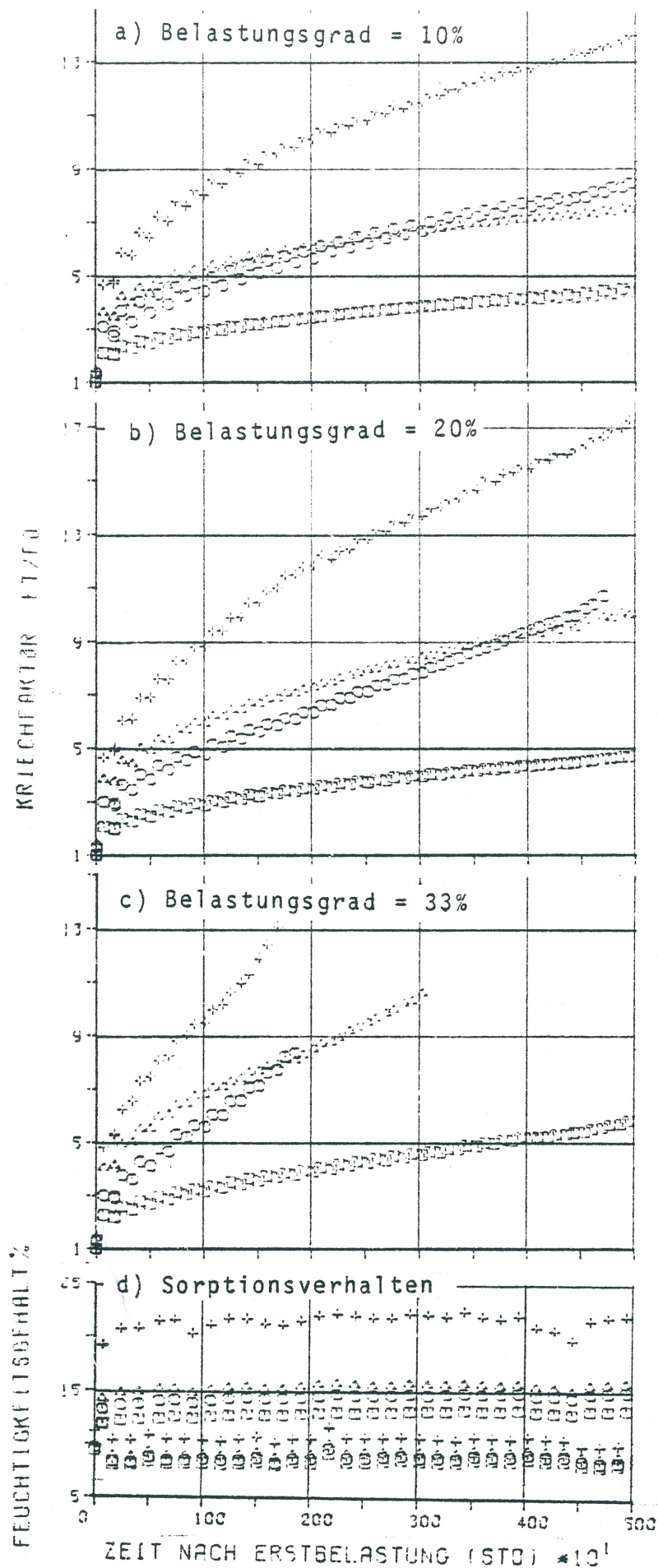


Bild 52 a-d: Vergleich des Biegekriechens (a-c) sowie der entsprechenden Feuchteschwankungen (d) verschieden verleimter Spanplatten im Wechselklima 20/95-20/30 (B=50mm, h=19mm; je l=3 Proben).

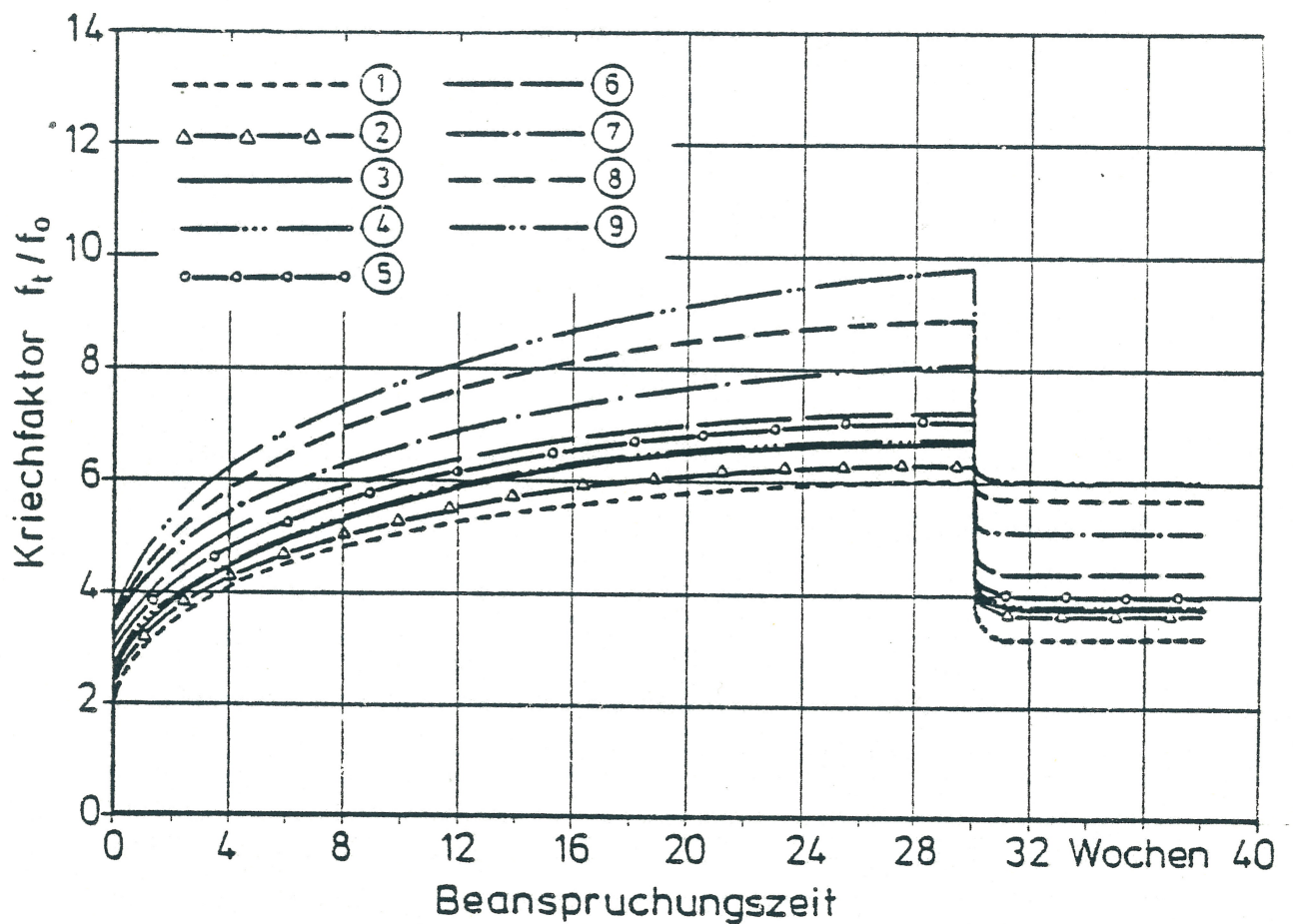


Bild 53: Vergleich des Biegekriechens von Laborspanplatten FP-V20 mit unterschiedlicher Harnstoffharz-Verleimung im Wechselklima 20/85-20/30 (1 Zyklus = 2 Wochen; B = 50 mm, h = 19 mm; BG = 25%; Mittelwerte aus je 1 = 5 Einzelproben; Quelle [394]).

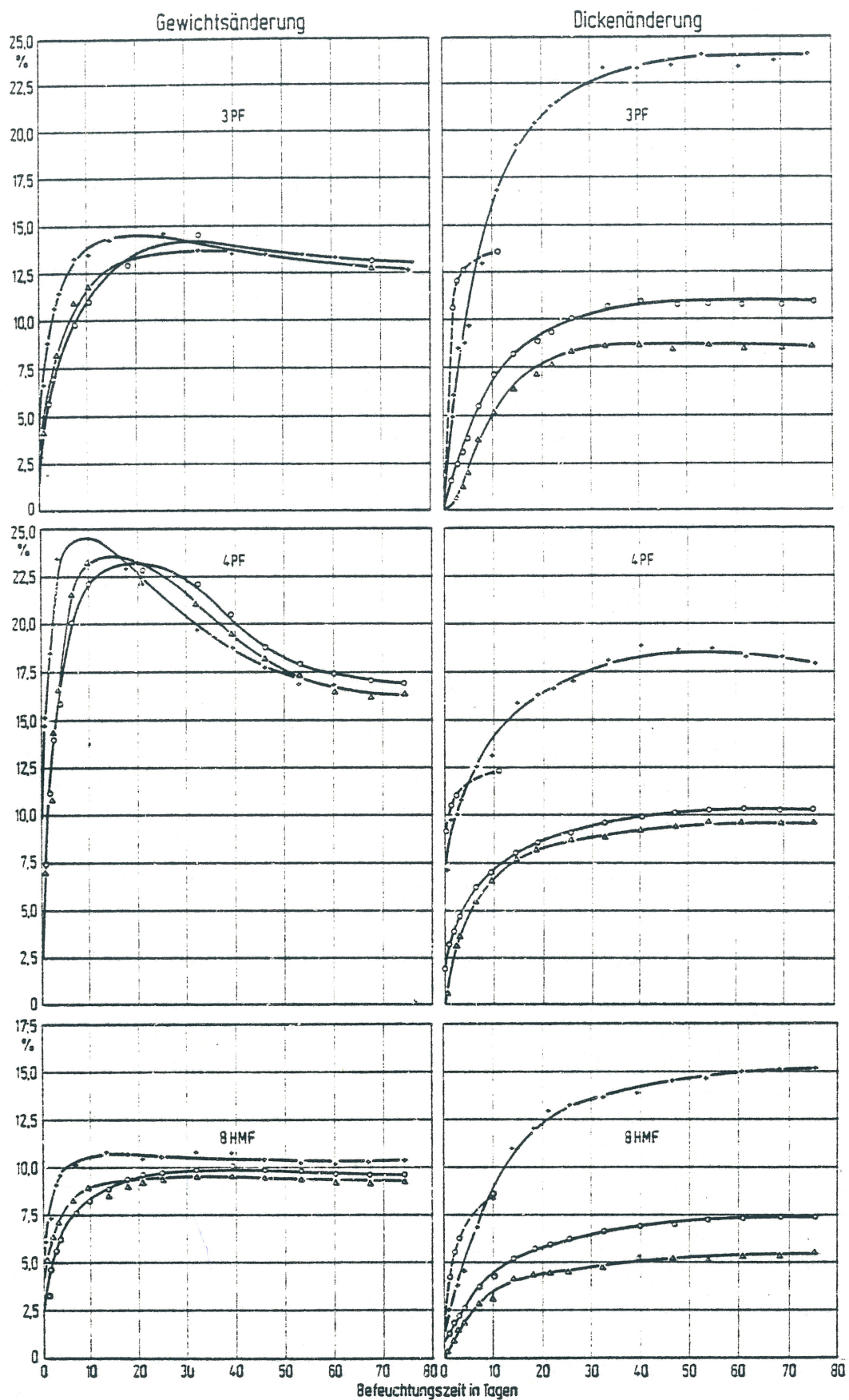


Bild 54: Gewichts- und Dickenänderung (%) von Deckschicht, Mittelschicht und Gesamtdicke von Spanplatten FP-V100 unterschiedlicher Verleimung im konstanten Feuchtklima 20/95 (je 1 = 3 bzw. 6 Einzelproben 50x50mm); zum Vergleich ist die Dickenquellung ganzer Proben während 10-tägiger Wasserlagerung gestrichelt mit eingezeichnet.

△ Mittelschicht + Deckschicht ○ ganze Proben

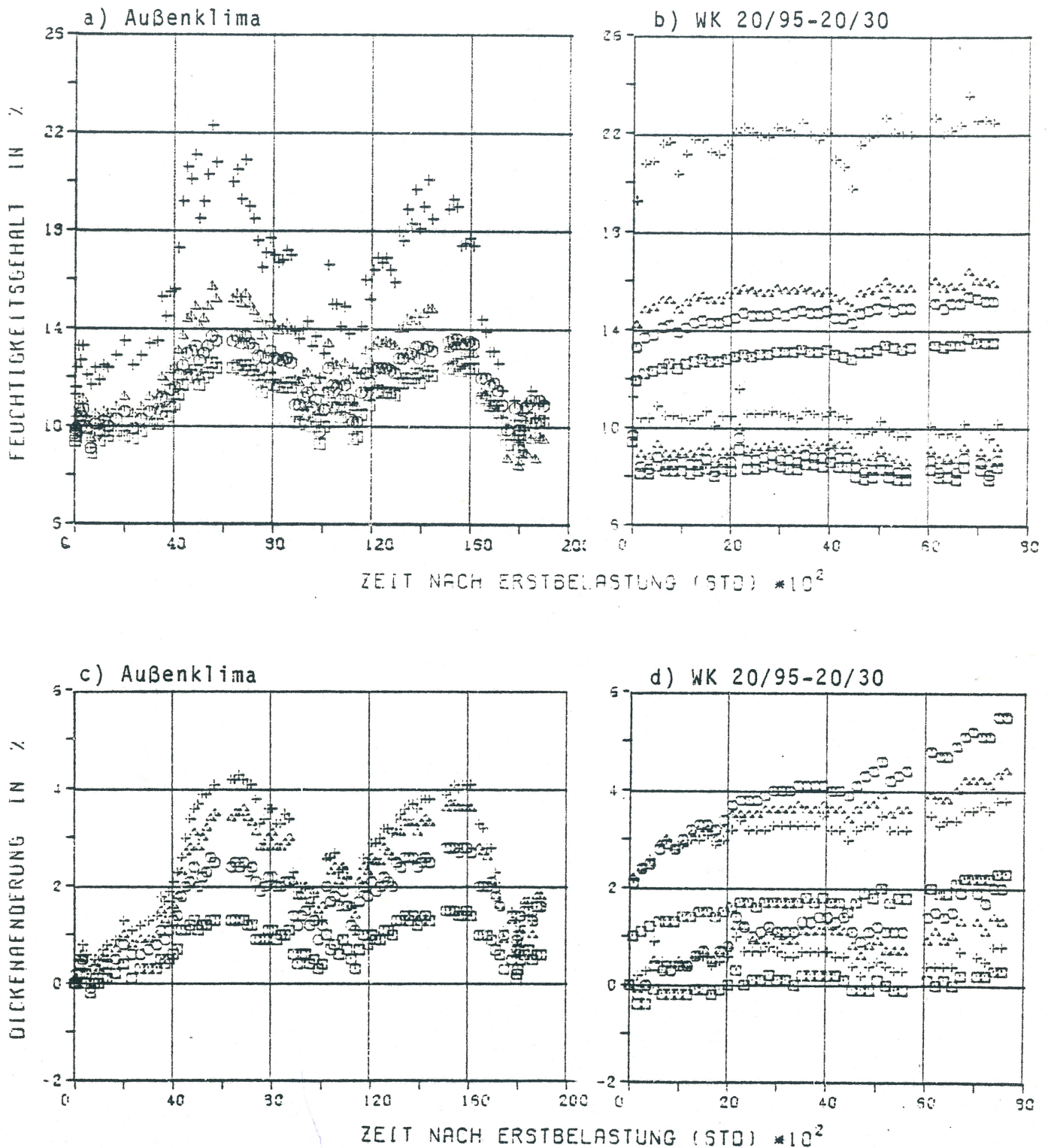


Bild 55 a-d: Feuchteschwankungen (a+b) und Dickenänderungen (c+d) verschieden verleimter Spanplatten im Außenklima (a+c) sowie im definierten Wechselklima 20/95-20/30 (b+d) (B = 300 mm (Außen) bzw. 50 mm (WK), h = 19 mm)

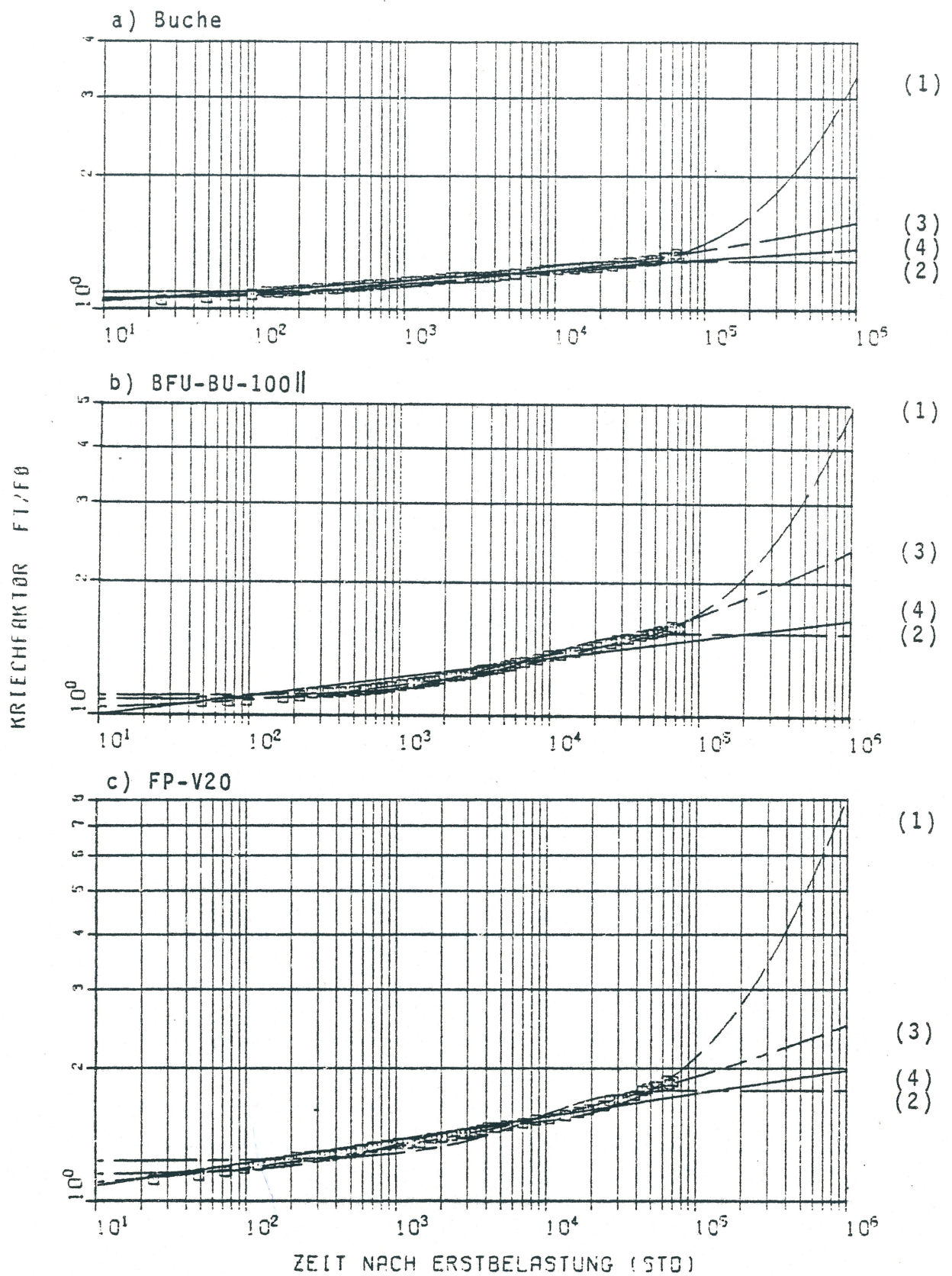


Bild 57 a-c: Vergleich der Anpassung des Kriechverhaltens im Klima 20/65 durch die Funktionen (1) bis (4) bei Buche, Furniersperrholz und Spanplatte (Mittelwerte aus je 1=4-5 Einzelproben; B = 30 mm; BG = 20%).

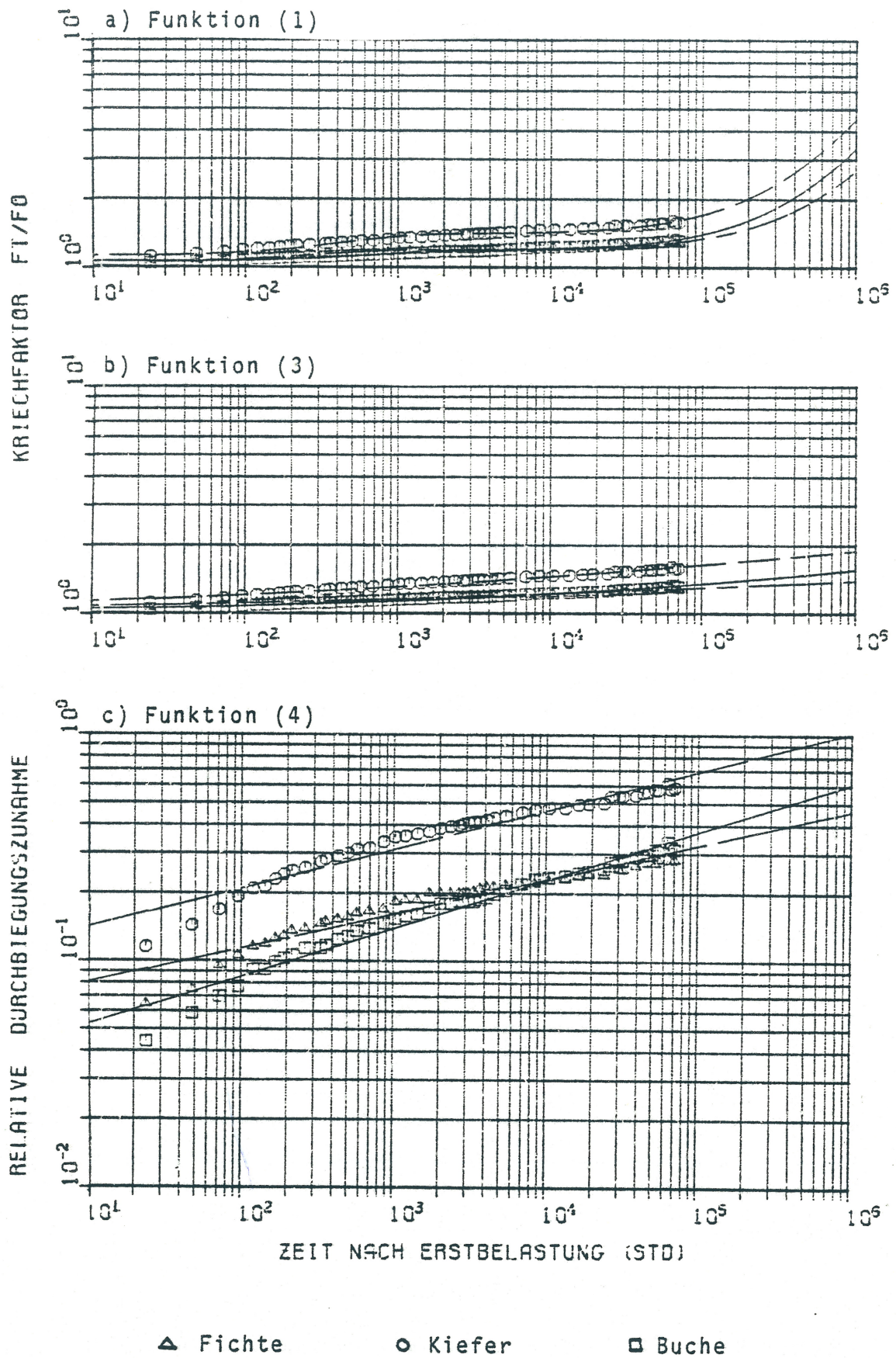


Bild 58 a-c: Vergleich der Kriechfunktionen (1), (3) und (4) im Klima 20/65 am Beispiel von Fichte, Kiefer und Buche ($B = 30 \text{ mm}$, $BG = 20\%$).

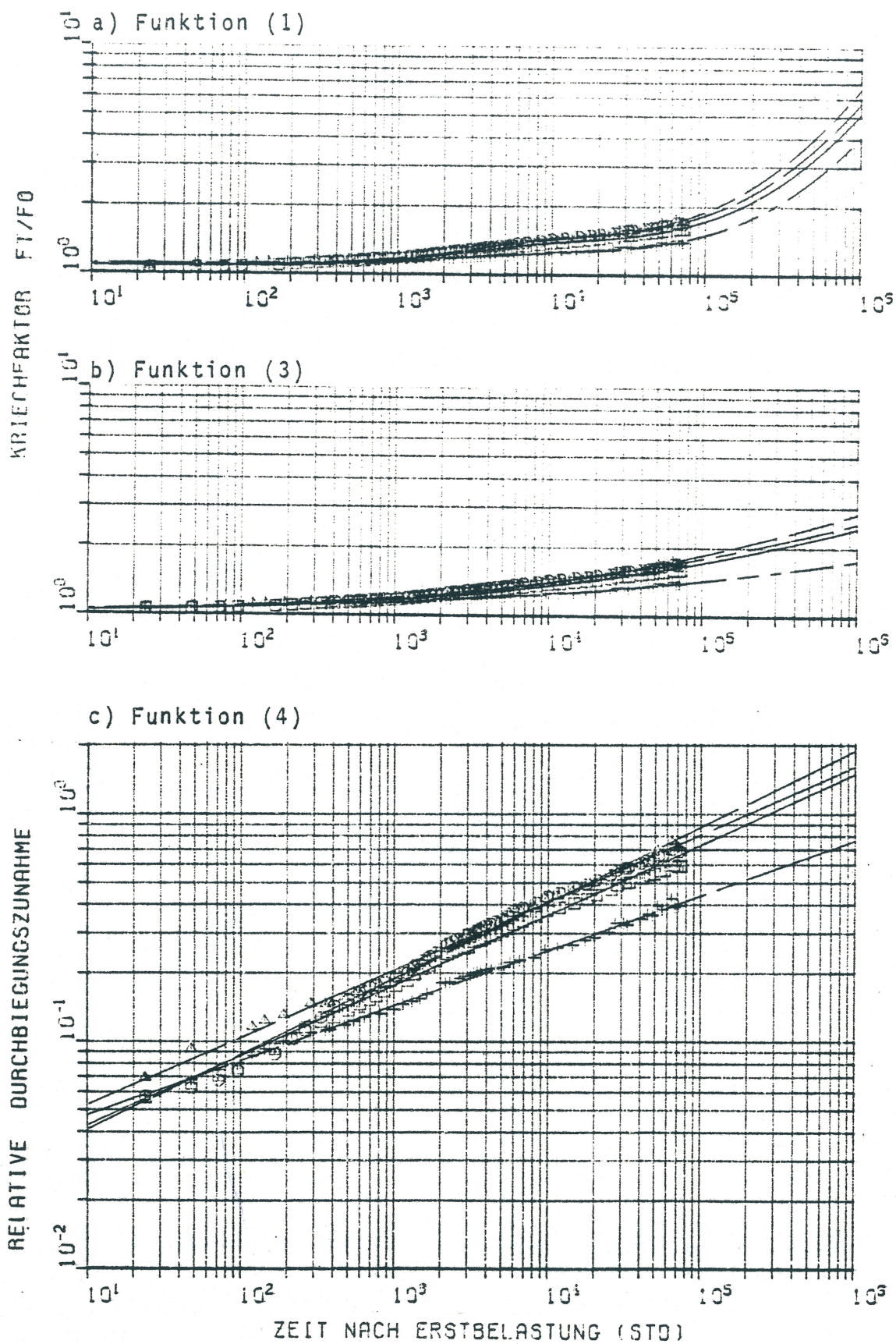
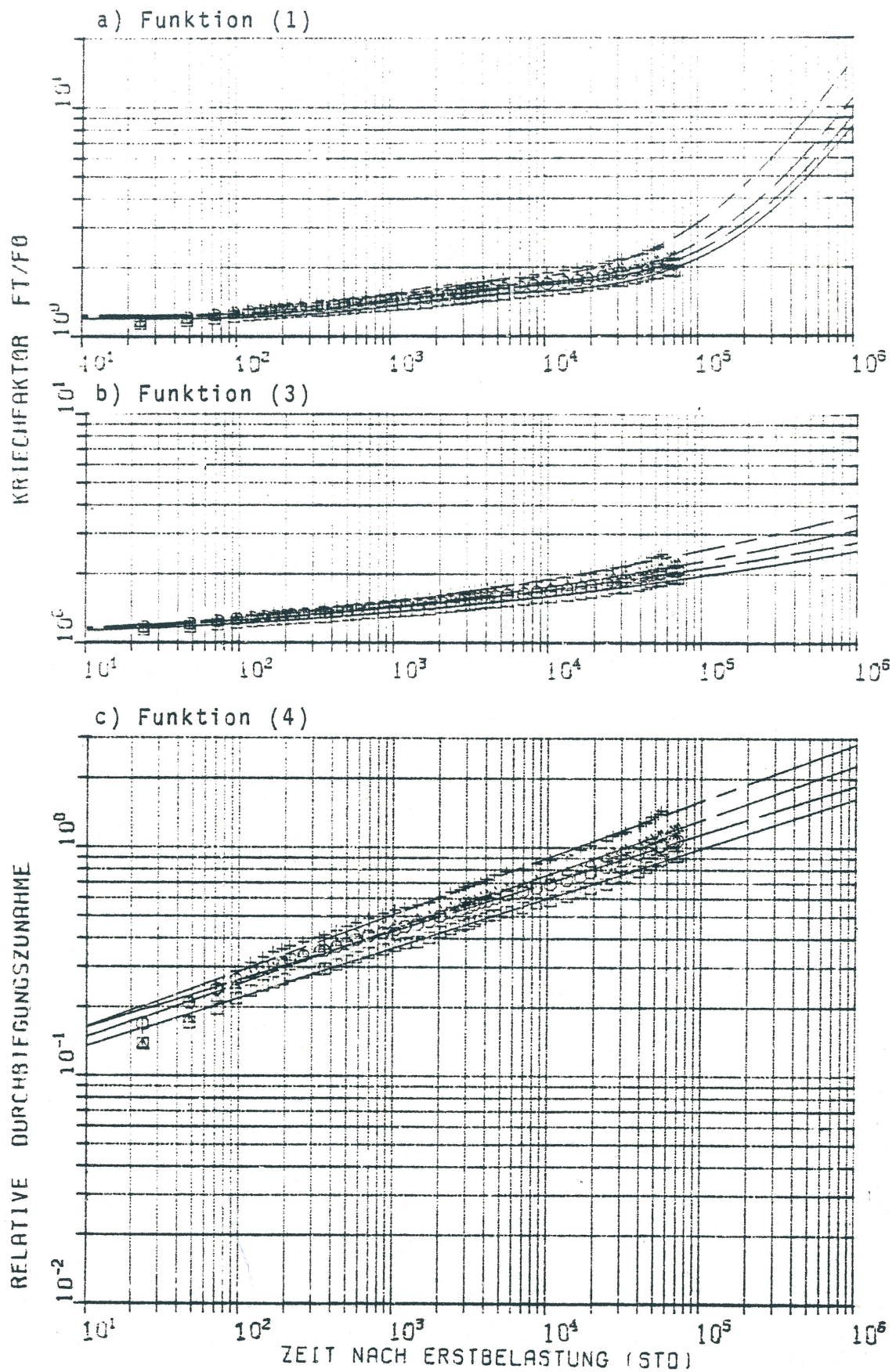


Bild 59 a-c: Vergleich der Kriechfunktionen (1), (3) und (4) im Klima 20/65 am Beispiel von Furnier- und Stab-Sperrholz (B = 50 mm; BG = 20%; je 1 = 5 Einzelproben).



□ 22mm, BG=20% ○ 22mm, BG=33% ▲ 13mm, BG=20% + 13mm, BG=33%

Bild 60 a-c: Vergleich der Kriechfunktionen (1), (3) und (4) im Klima 20/65 am Beispiel harnstoffharzverleimter Spanplatten FP-V20 unterschiedlicher Dicke und Belastung ($B = 50 \text{ mm}$; je 1 = 4 Einzelproben).

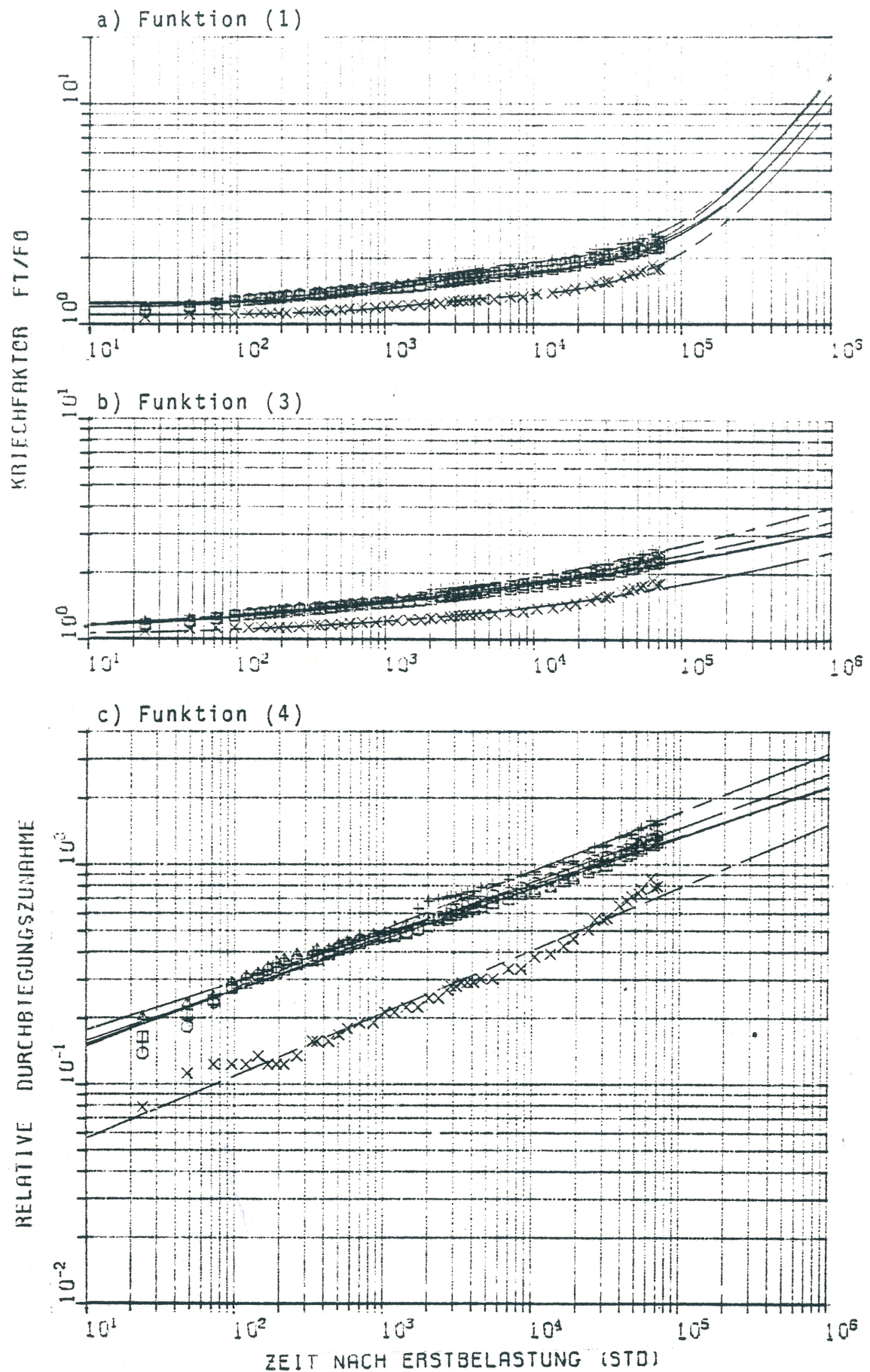


Bild 61 a-c: Vergleich der Kriechfunktionen (1), (3) und (4) im Klima 20/65 am Beispiel weiterer Spanplatten unterschiedlicher Verleimung und Dicke ($B = 50 \text{ mm}$; $BG = 20\%$).

KRIECHFAKTOR F_t/F_0

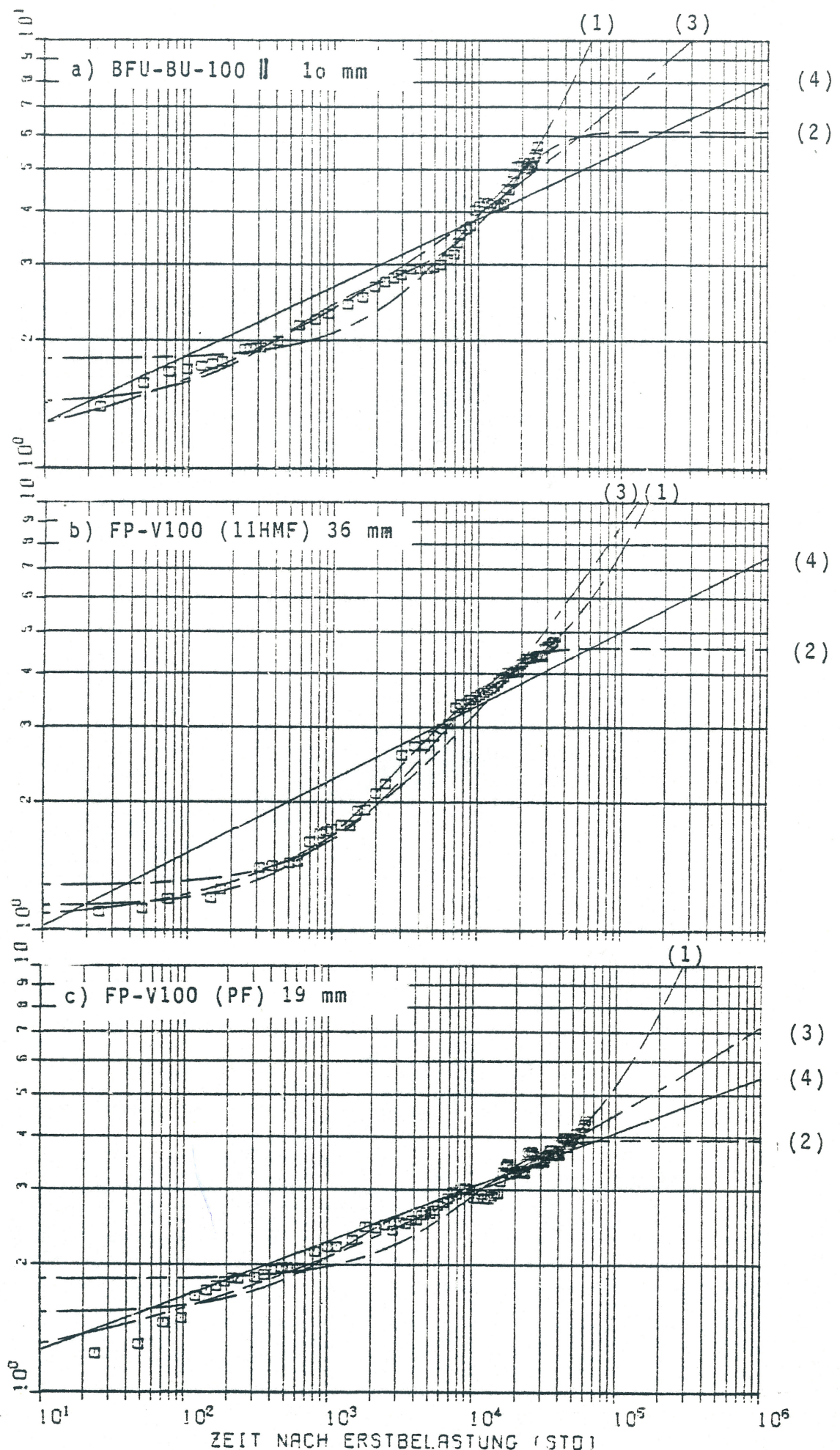


Bild 62 a-c: Vergleich der Anpassung des Kriechverhaltens im Außenklima durch die Funktionen (1) bis (4) am Beispiel von Furniersperrholz und Spanplatten ($B=300-400\text{mm}$, $BG=20\%$; je 1 = 3 Einzelproben).

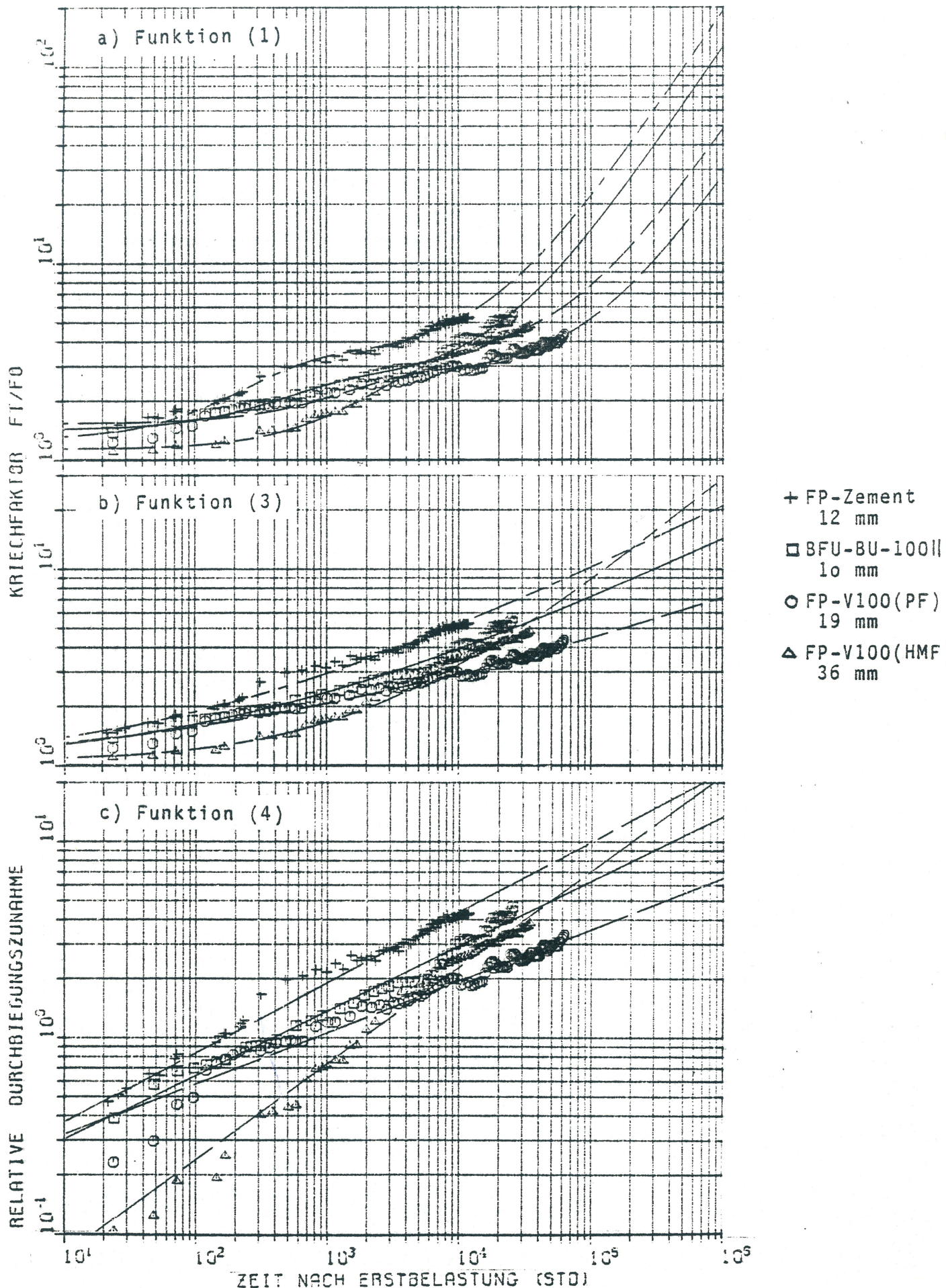


Bild 63 a-c: Vergleich der Kriechfunktionen (1), (3) und (4) im Außenklima am Beispiel von Furniersperrholz und Spanplatten ($B=300-400\text{ mm}$; $BG=20\%$; je 1 = 3-5 Einzelproben).

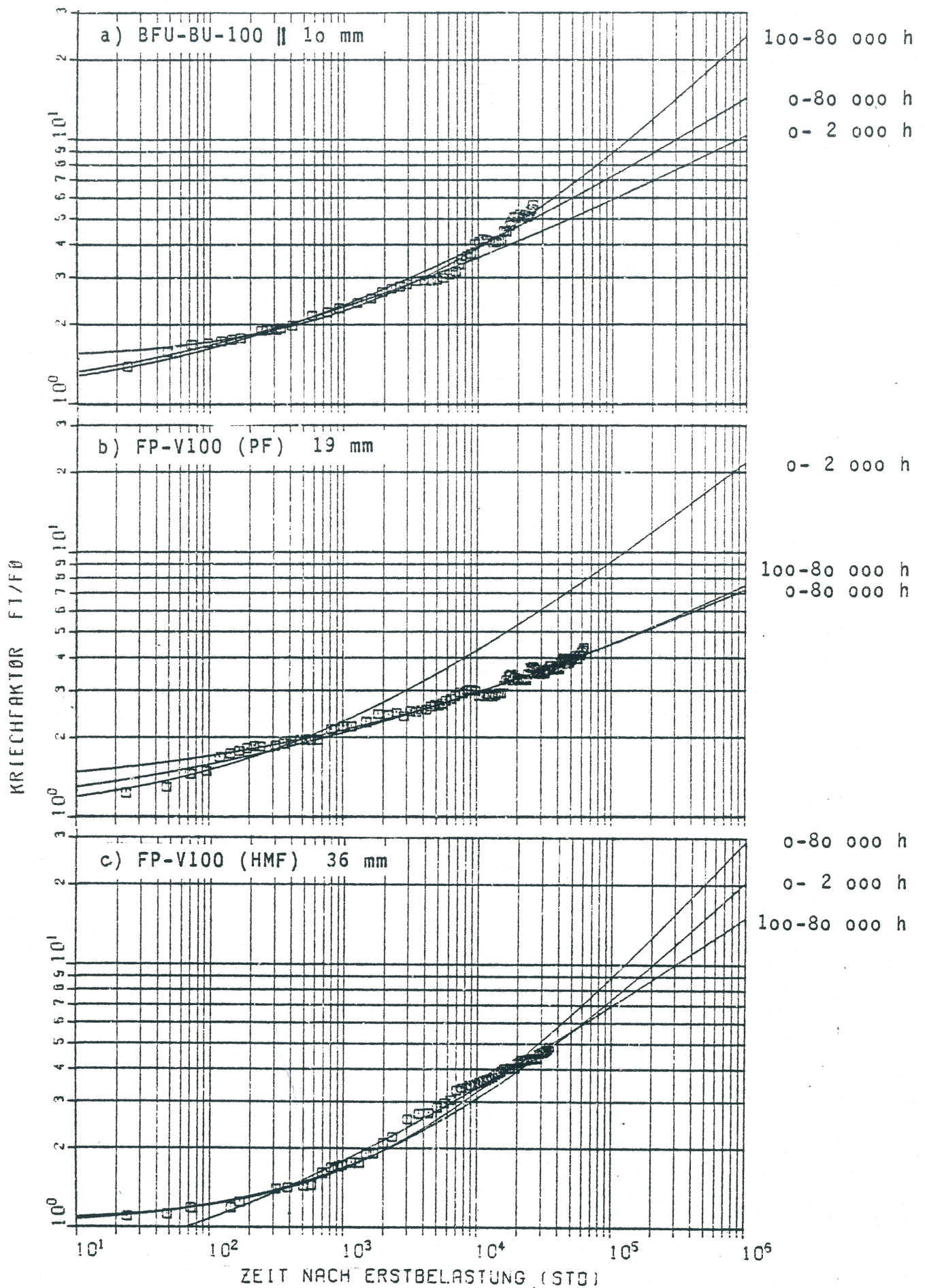


Bild 64 a-c: Einfluß der Auswertungszeitspanne auf die Extrapolationsgüte der Funktion (3) am Beispiel von Furniersperrholz und Spanplatten im Außenklima ($B = 300-400$ mm; $BG = 20\%$; je 1 = 3 Einzelproben).

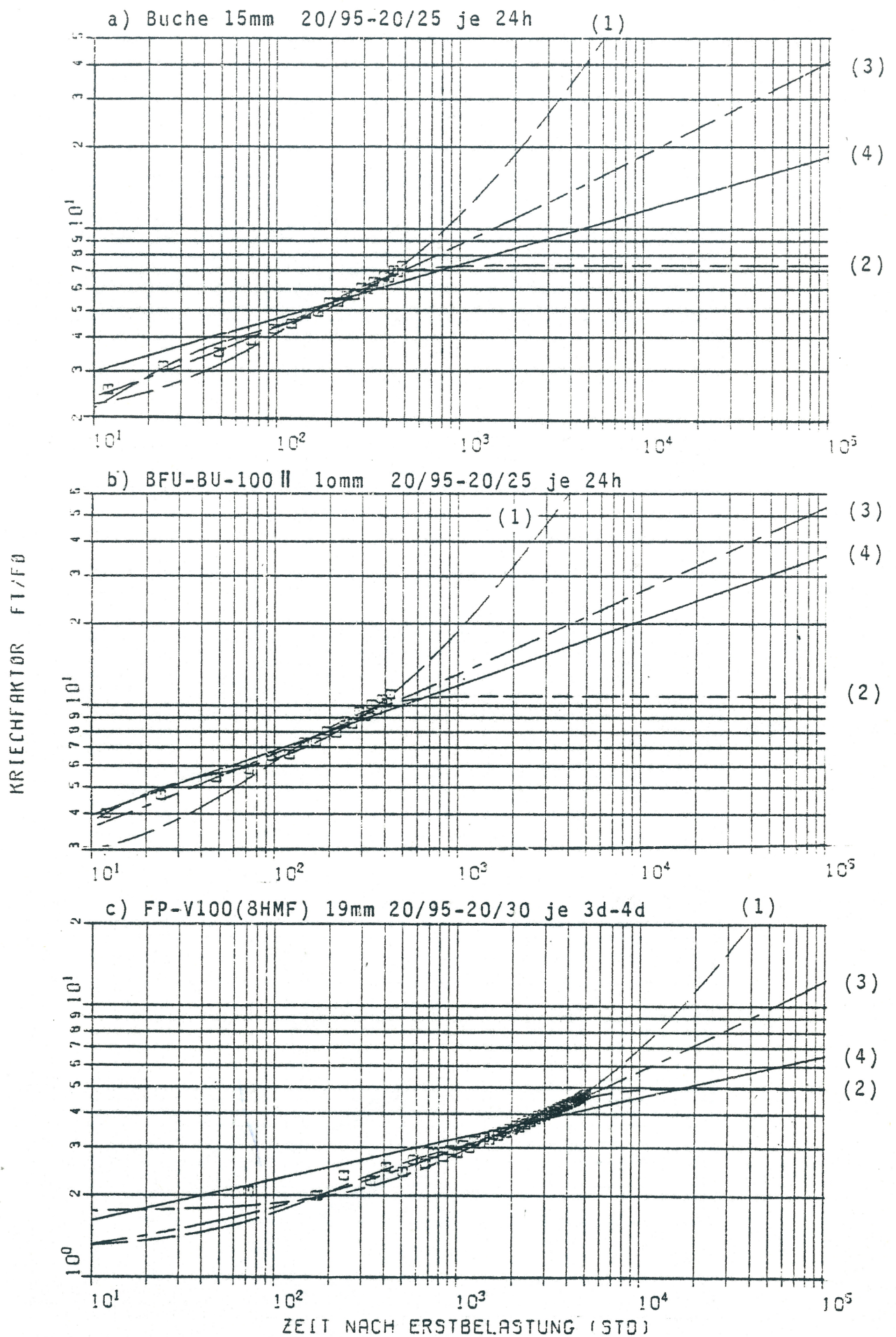


Bild 65 a-c: Vergleich der Anpassung des Kriechverhaltens im definierten Wechselklima durch die Funktionen (1) bis (4) am Beispiel von Buche, Furniersperrholz und Spanplatte (B = 30-50mm; BG = 20%).

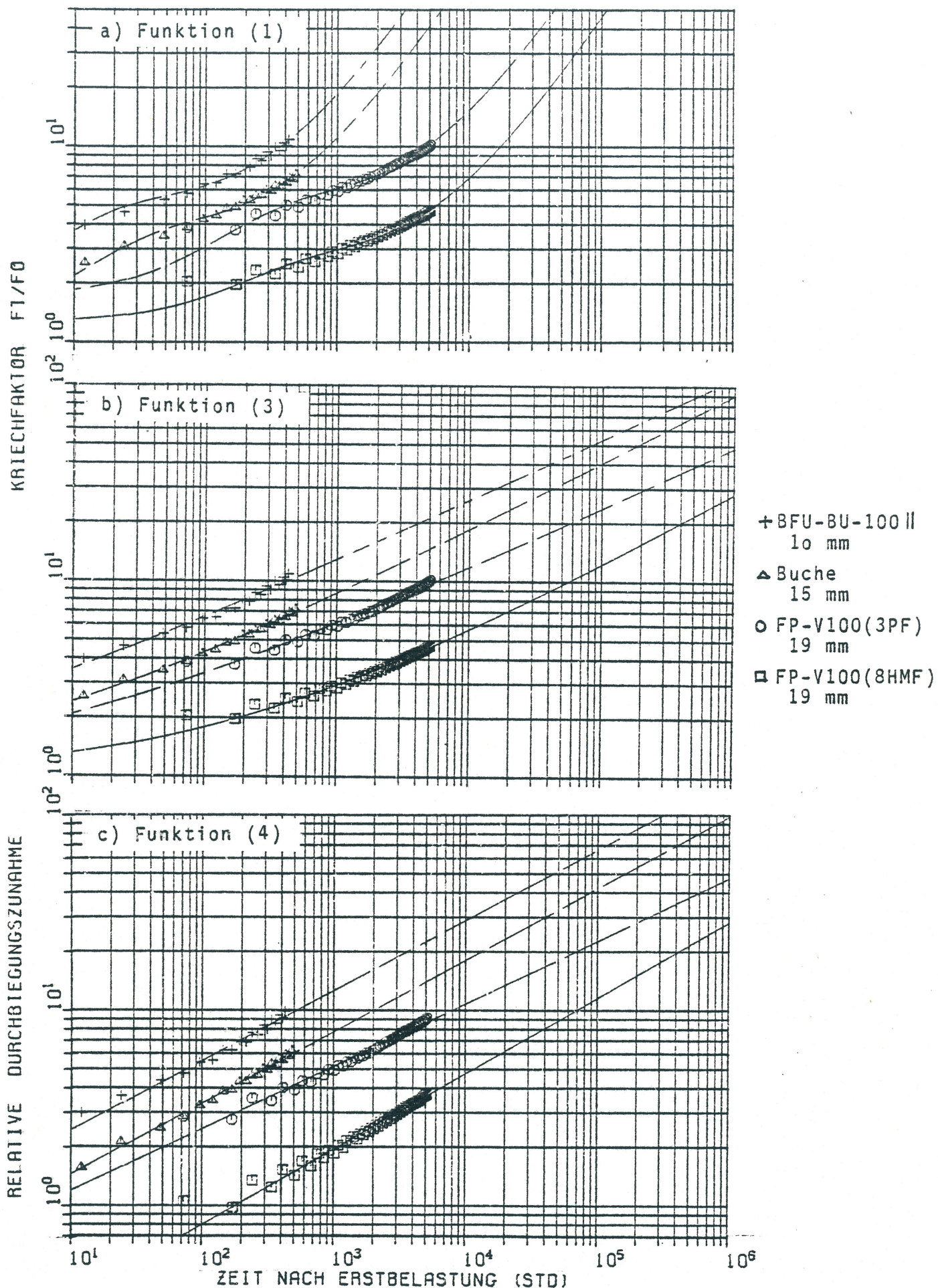


Bild 66 a-c: Vergleich der Kriechfunktionen (1), (3) und (4) im definierten Wechselklima am Beispiel von Buche, Furniersperrholz und Spanplatten (B = 30-50 mm; BG = 20%; je 1 = 3 Einzelproben).