



Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung

IBF · Industriestraße 19 · 53842 Troisdorf

VMPA Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109
VMPA Betonprüfstelle W
nach DIN 1045

Tel.: 02241/3973 9-70
Fax: 02241/3973 9-89
Email: info@ibf-troisdorf.de

3. Ausfertigung

Prüfbericht Nr.

M 10/15-B

Antragsteller:

Bundesfachschule Estrich und Belag e.V.
Stadtweg 52

90453 Nürnberg

Inhalt des Antrags:

Untersuchungen an unbeheizten Zementestrichen
mit Zusatzmitteln bei Belegung mit Belägen
(Kautschuk und Parkett)

Datum des Prüfberichts:

28.02.2017



Textseiten: 22
Anlagen: 47

1. Auftrag und Vorbemerkungen

Am 13.11.2014 beauftragte uns die Bundesfachschule Estrich und Belag e.V., Stadtweg 52, 90453 Nürnberg, mit Untersuchungen an unbeheizten Zementestrichen mit „normalen“ Zusatzmitteln und Zusatzmitteln, die seitens der Produkthersteller als „Beschleuniger“ ausgewiesen sind.

Unter „Beschleuniger“ im Sinne dieser Untersuchungen sind dabei Zusatzmittel zu verstehen, bei denen seitens des Produktherstellers die Belegung mit Bodenbelägen bei höheren Feuchtegehalten als der üblichen Belegreife (≤ 2 CM-% bei unbeheizten Zementestrichen) ausgelobt wird.

Geprüft werden sollten Zementestriche mit folgenden Zusatzmitteln:

- 3 „normale“ Zusatzmittel, die nicht als „Beschleuniger“ ausgewiesen sind (im Folgenden Zusatzmittel A bis C genannt)
- 3 „Beschleuniger“ (im Folgenden Zusatzmittel D bis F genannt)

Das Prüfprogramm sollte im Einzelnen wie folgt aussehen:

1. Herstellungen und Frischmörteleigenschaften:

- Herstellung von 6 Estrichmörteln mit Zuschlag A₈/B₈ nach DIN 1045-2; Mischungsverhältnis 1 : 6 Masse-Teile; Ausbreitmaß $12 \pm 0,5$ cm.
- Herstellung von 6 Estrichmörteln mit Zuschlag B₈/C₈ nach DIN 1045-2; Mischungsverhältnis 1 : 6 Masse-Teile; Ausbreitmaß $12 \pm 0,5$ cm.
- Prüfung der Frischmörteleigenschaften (Ausbreitmaß, Luftporengehalt, Frischmörtelrohichte, Mörteltemperatur).

2. Güteprüfung an Prismen:

- Prüfung der Rohdichte, Biegezug- und Druckfestigkeit an Prismen 4 cm x 4 cm x 16 cm im Alter von 7 und 28 Tagen nach DIN EN 13 892-2.

3. Austrocknungsverhalten

- Prüfung des Austrocknungsverlaufs an 45 mm dicken, auf Dämmschicht verlegten Zementestrichen bei Lagerung 3 Tage in Klima 10°C/80% r. H., danach zunächst in Normalklima DIN 50 014-20/65-2 und abschließend in Normalklima DIN 50 014-23/50-2. Prüfung der Feuchtegehalte durch CM-Messung und Darren.

4. Bestätigungsprüfung

- Herstellung auf Dämmschicht verlegter 45 mm dicker Zementestriche und Prüfung der Biegezugfestigkeit (Bestätigungsprüfung) zu einem frühen Zeitpunkt bei höherem Restfeuchtegehalt sowie im Alter > 28 Tage.

5. Schwinden (orientierende Prüfung)

- Prüfung der Längenänderungen (Schwinden) nach Graf-Kaufmann bei Lagerung 7 Tage im Feuchtkasten bei 20°C/95 % r. H. und anschließend in Normalklima DIN 50 014-20/65-2 im Alter von 28 Tagen.

6. Prüfungen an Zementestrichen mit Belägen

- Außerdem sollen Prüfungen mit einem „Beschleuniger“ durchgeführt werden, bei dem Parkettbelag und Gummibelag auf einen 50 mm dicken Zementestrich auf Dämmschicht aufgebracht werden. Die Verlegung der Beläge erfolgt zu einem frühen Zeitpunkt (lt. Freigabe des Herstellers des „Beschleunigers“) sowie zum Vergleich bei der üblichen Belegreife $\leq 2,0$ CM-%. Der „Beschleuniger“ und die Estrichzusammensetzung werden nach Vorliegen der Ergebnisse der Prüfungen 1. bis 5. ausgewählt. An den Versuchsflächen werden Verformungs- und Feuchtemessungen sowie Festigkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Für die Herstellung der Zementestriche der Untersuchungen 1. bis 5. sollen folgende Gesteinskörnungen eingesetzt werden:

- A₈/B₈ nach DIN 1045-2
- B₈/C₈ nach DIN 1045-2

Die Zementestriche sollten mit einer praxisüblichen Verarbeitungskonsistenz (Ausbreitmaß nach Hägermann $12 \pm 0,5$ cm) hergestellt werden.

Über die Durchführung und die Ergebnisse der Prüfungen 1. bis 5. wurde bereits mit Prüfbericht Nr. M 10/15-A vom 22.01.2016 berichtet. Im Folgenden wird über die Durchführung und die Ergebnisse der Prüfungen zu 6. berichtet.

Die Durchführung der Untersuchungen ist in den Bildern 1 bis 17 der Anlagen 16 bis 24 dokumentiert.

2. Vorgaben und Ausgangsstoffe

Aufgrund der Ergebnisse der mit Prüfbericht Nr. M 10/15-A berichteten Untersuchungen wurde für die nachfolgend berichteten Untersuchungen in Abstimmung mit dem Auftraggeber folgender Zementestrich ausgewählt:

- Zementestrich mit Zusatzmittel „E“ („Beschleuniger“)
(Dosierung lt. Vorgabe Produkthersteller)
- Zement: Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL 32,5
(Phoenix Zementwerke / Werk Beckum)
- Gesteinskörnung: Kiessand 0/8 mm (Sieblinie A/B₈ nach DIN 1045-2)
- Mischungsverhältnis: Zement : Gesteinskörnung = 1 : 6 Masse-Teile

Das zugehörige Zusatzmittel ist dem Auftraggeber aus den schon berichteten Untersuchungsergebnissen (Prüfbericht Nr. M 105/15-A) bekannt gegeben worden.

Hergestellt werden sollten 4 Versuchsflächen, die mit Kautschukbelag und Parkettbelägen belegt werden sollten. Bei je 2 Versuchsflächen sollten die Beläge bei einem Feuchtegehalt von 3,2 CM-% (entsprechend der Angabe des Zusatzmittelherstellers bezüglich der Belegreife für die genannten Beläge) bzw. bei einem Feuchtegehalt von 2,0 CM-% verlegt werden.

Die Bezeichnung der Versuchsflächen mit der Zuordnung der verlegten Beläge ist in Tabelle 3 der Anlage 3 zusammengestellt.

Die Beläge sowie die für die Verlegung notwendigen Verlegewerkstoffe wurden uns vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

3. Durchführung und Ergebnis der Prüfungen

3.1. Herstellung der Versuchsflächen

Zur Durchführung der Untersuchungen wurden vier Versuchsflächen mit den Abmessungen ca. 2,5 m x 2,5 m hergestellt. Der schwimmende Zementestrich der Versuchsflächen wurde von uns eingebaut. Die Versuchsflächen wiesen von unten nach oben folgenden Aufbau auf:

- Betonbodenplatte
- 20-3 mm Polystyrol-Trittschalldämmplatten
- 0,2 mm PE-Folie
- 45/50 mm Zementestrich

Die Versuchsflächen wurden in Holzschalungen hergestellt. Zwischen Holzschalung und Versuchsfläche wurde ein 8 mm breiter PE-Schaum-Randdämmstreifen abgestellt.

Außerdem wurden mehrere kleinere Versuchsflächen mit gleichem Aufbau wie oben zur Prüfung der Festigkeitsentwicklung und des Austrocknungsverhaltens des Zementestrichs bis zur Verlegung der Bodenbeläge hergestellt.

Nach dem Estricheinbau lagerten die Versuchsflächen zunächst 3 Tage unter PE-Folie (Klima im Luftraum zwischen Estrich und PE-Folie ca. 20/85), um eine zu schnelle Anfangsaustrocknung in der großen Prüfhalle zu vermeiden. Danach lagerten die Versuchsflächen ohne Abdeckung in der Prüfhalle bei Raumklima.

3.1.1. Herstellung des Zementestrichs

Die Zusammensetzung des Zementestrichs ist in Tabelle 1 der Anlage 1 ersichtlich.

Der Zementestrich der Versuchsflächen wurde mit einer Estrichpumpe hergestellt. Zum Mischen wurden zunächst etwa 50 % des Zuschlags und Anmachwassers, anschließend Zement, restlicher Zuschlag und Anmachwasser sowie Zusatzmittel „E“ zugegeben und 2 Minuten gemischt.

Danach wurde der Zementestrich zur Einbaustelle gepumpt, mit der Latte abgezogen, abgerieben und geglättet.

3.1.1.1. Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung

Die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung wurde nach DIN EN 933-1 (10.97) - Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung, Siebverfahren - geprüft.

Die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung ist in Tabelle 2 der Anlage 2 zusammengestellt. Der Verlauf der Sieblinie ist in der Skizze 1

der Anlage 2 dargestellt.

3.1.1.2. Frischmörteleigenschaften des Zementestrichs

Die Frischmörteleigenschaften des Zementestrichs wurden nach DIN 18 555 Teil 2 (09.82) - Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Frischmörtel mit dichten Zuschlägen, Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehaltes - ermittelt. Das Ausbreitmaß wurde 5 Minuten nach Beginn der Mörtelherstellung festgestellt. Die Rohdichte und der Luftgehalt wurden mit einem justierten 1 l-Messgerät geprüft.

Die Frischmörteleigenschaften des Zementestrichs sind in Tabelle 1 der Anlage 1 zusammengestellt.

3.1.1.3. Rohdichte, Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit des Zementestrichs (Güteprüfung)

Zur Bestimmung der Rohdichte, Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit des Zementestrichs wurden aus dem Zementestrich jeder Versuchsfläche 3 Prismen 4 cm x 4 cm x 16 cm nach DIN EN 13 892-1 (02.03) - Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen - Teil 1: Probenahme, Herstellung und Lagerung der Prüfkörper - hergestellt und durch Vibration verdichtet. Die Prismen lagerten nach DIN EN 13 892-1 (02.03) 2 Tage in der Form, anschließend entformt bis zum Alter von 7 Tagen im Feuchtkasten bei 20°C und 95 % relativer Luftfeuchte und danach in Normalklima DIN 50 014-20/65-2.

Die Rohdichte, Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit der Prismen wurde im Alter von 28 Tagen nach DIN EN 13 892-2 (02.03) - Prüfverfahren für

Estrichmörtel und Estrichmassen - Teil 2: Bestimmung der Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit - geprüft.

Die Prüfergebnisse sind in der Tabelle 4 der Anlage 4 zusammengestellt.

Bei allen Versuchsflächen wurden die für einen Zementestrich CT-C25-F4 mindestens erforderlichen Festigkeitswerte erreicht bzw. deutlich überschritten.

3.1.1.4. Biegezugfestigkeit (Bestätigungsprüfung)

Zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit des Zementestrichs zum Zeitpunkt der Verlegung der Beläge wurden zwei Probeflächen mit den Abmessungen 100 cm x 50 cm x 45 mm auf Dämmschicht hergestellt und unmittelbar neben den Versuchsflächen gelagert.

Die Biegezugfestigkeit wurde unmittelbar vor der Verlegung der Beläge nach DIN 18 560- 2 (09.09) - Estriche im Bauwesen - Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche) - geprüft. Hierzu wurden jeweils vier Streifen von etwa 6 cm Breite mit einer Steinsäge mit Staubabsaugung trocken herausgesägt. Die Kraftangriffsflächen und Auflagerflächen der Streifen wurden plangeschliffen.

Die Streifen wurden mit einer auf die ganze Breite wirkenden Linienkraft in der Mitte der Stützweite bis zum Bruch belastet. Die bei der Herstellung des Estrichs untere Seite lag dabei in der Zugzone.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Tabelle 5 der Anlage 5 zusammengestellt.

Die für einen Zementestrich der Biegezugfestigkeitsklasse CT-F4 mindestens erforderlichen Festigkeitswerte bei der Bestätigungsprüfung (Mittelwert $\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$) wurde bereits bei der Prüfung im Alter von 6 Tagen erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wies der Zementestrich einen Feuchtegehalt von 3,2 CM-%, gemessen an einer kleinen Probefläche, auf. Bei Erreichen eines Feuchtegehaltes von 2,0 CM-%, gemessen an einer kleinen Probefläche, im Alter von 26 Tagen lag die Biegezugfestigkeit noch etwas höher.

3.1.1.5. Oberflächenzugfestigkeit der Zementestriche

Die Oberflächenzugfestigkeit der Zementestriche der Versuchsflächen wurde unmittelbar vor dem Verlegen der Beläge nach dem Hinweisblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden; Allgemeines, Prüfung, Einflüsse, Beurteilungen“ (Stand: November 2004), herausgegeben vom Bundesverband Estrich und Belag e.V., Troisdorf, und den darin enthaltenen Prüfvorschriften geprüft.

Die Oberfläche der Zementestriche wurde hierzu mit Schleifpapier mit 16er-Körnung angeschliffen mit einem Industriestaubsauger abgesaugt.

Auf die so vorbereiteten Prüfflächen wurden Metallabzugskörper mit 50 mm Durchmesser mit einem 2-Komponenten-MMA-Klebstoff aufgeklebt. Nach dem Aushärten des Klebstoffs wurden die Metallabzugskörper mit dem Haftzugprüfgerät Easy M der Firma Freundl, Wennigsen, mit einer Kraftsteigerung von 100 N/s senkrecht zur

Oberfläche des Estrichs abgezogen. Die Oberflächenzugfestigkeit wurde aus der Zugkraft beim Abriss der Prüfflächen ermittelt.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Tabelle 6 der Anlage 6 zusammengestellt.

Die Oberflächen der Zementestriche der Versuchsflächen waren bereits im Alter von 5 Tagen für die Verlegung aller gängigen Bodenbeläge ausreichend fest.

3.1.2. Verlegung der Beläge

Die Verlegung der Beläge erfolgte bei Feuchtegehalten von 3,2 CM-% (erreicht im Alter von 5 Tagen nach Estricheinbau) bzw. 2,0 CM-% (erreicht im Alter von 25 Tagen nach Estricheinbau).

Folgende Belagaufbauten wurden gewählt:

Versuchsflächen mit Kautschukbelag

- Zementestrich (Oberflächen angeschliffen)
- „MAPEI Eco Prim T Plus“ Acrylat-Dispersionsgrundierung
- „Mapei Ultraplan Plus“ zementgebundene Spachtelmasse d = 2 mm
- „Mapei Ultrabond Eco V4 SP“ Dispersionsklebstoff
- „Noraplan signa“ Kautschukbelag d = 2 mm

Die Verarbeitung der Verlegewerkstoffe erfolgte entsprechend den Angaben der Produkthersteller. Der Kautschukbelag wurde mit der Walze angewalzt.

Versuchsflächen mit Parkettbelag

- Zementestrich (Oberflächen angeschliffen)
- „Mapei Ultrabond Eco P909 2K“ 2-komponentiger Polyurethanklebstoff
- Stabparkett 16 mm 500/70 mm NF
Buche gedämpft Natur sowie Eiche Natur
- Parkettoberflächen geschliffen
- „Mapei Ultracoat Premium Base“ 2-komponentige wasserbasierte Grundierung
- „Mapei Ultracoat High Traffic“ 2-komponentiger wasserbasierter Polyurethanlack

Die Verlegung der Beläge erfolgte beim Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% bei einem Raumklima ca. 18-20 °C und ca. 45 % relative Luftfeuchte, beim Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-% bei einem Raumklima ca. 18-20 °C und ca. 50 % relative Luftfeuchte.

Die Parkettbeläge wiesen vor der Verlegung folgende Feuchtegehalte, gemessen an Proben aus der Originalverpackung, auf:

- Belegung bei Estrichfeuchte 3,2 CM-%
Buche 8,8 Masse-%
Eiche 9,2 Masse-%
- Belegung bei Estrichfeuchte 2 CM-%
Buche 9,1 Masse-%
Eiche 8,4 Masse-%

Bei den Versuchsflächen mit Parkettbelag wurde je eine Hälfte der Versuchsfläche mit Buche- bzw. Eicheparkett belegt.

3.2. Prüfungen an den Versuchsflächen

3.2.1. Vertikale Verformungen

Die vertikalen Verformungen der Zementestriche der Versuchsflächen wurden mittels Messuhren mit einer Messgenauigkeit von 1/100 mm erfasst.

Zunächst wurden die vertikalen Verformungen bis zum Verlegen der Beläge gemessen. Hierzu wurden die Verformungen im Bereich einer Plattenecke und in Plattenmitte der Versuchsflächen erfasst.

Nach der Verlegung der Beläge wurden die vertikalen Verformungen im Bereich der Plattenecken und in Feldmitte der Versuchsflächen gemessen.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Skizzen 2 bis 9 der Anlagen 32 bis 39 dargestellt.

Die vertikalen Verformungen der Versuchsflächen waren zum Zeitpunkt der Verlegung der Beläge etwa gleichartig groß, unabhängig davon, ob die Beläge bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% oder 2 CM-% aufgebracht wurden. Die Plattenränder und Plattenecken waren leicht aufgewölbt, die Plattenmitte leicht abgesenkt. Nach der Verlegung der Bodenbeläge senkten sich die zuvor leicht aufgewölbten Plattenränder und Plattenecken wieder ab, die Plattenmitten wölbten sich wieder auf. Insgesamt war bei allen vier Versuchsflächen, unabhängig davon, ob die Beläge bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% oder 2 CM-% verlegt wurden, nach der Verlegung der Beläge ein praktisch gleichartiges

vertikales Verformungsverhalten vorhanden.

3.2.2. Horizontale Verformungen (Versuchsflächen mit Parkett)

Bei den Versuchsflächen mit Parkett wurden die horizontalen Verformungen an der Parkettoberseite mit Hilfe eines Setzdehnungsmessers mit 1/100 mm Messgenauigkeit erfasst. Die Messung erfolgte jeweils für das Buche- bzw. Eicheparkett quer zur Längsrichtung der Parkettstäbe.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Skizzen 10 und 11 der Anlagen 40 und 41 dargestellt.

Die horizontalen Verformungen der Parkettbeläge (Buche oder Eiche) folgten im Wesentlichen dem Verlauf der Änderungen des Raumklimas (relative Luftfeuchte) in der Prüfhalle. Ein grundsätzlicher Unterschied im Verlauf der horizontalen Verformungen zwischen der Versuchsfläche, bei der das Parkett bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% verlegt wurde und der Versuchsfläche, bei der das Parkett bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-% verlegt wurde, war nicht erkennbar. Offenbar bewirkte der verwendete Polyurethanklebstoff eine feuchtesperrende Wirkung. Die mit zunehmender relativer Luftfeuchte in der Regel einhergehende Verkürzung des Parketts dürfte auf Quetschungen der Holzelemente zurückzuführen sein (Anmerkung: Messung quer zur Längsrichtung der Parkettstäbe).

3.2.3. Feuchtegehalte

Der Feuchtegehalt der mit Belägen belegten Zementestriche der

Versuchsflächen wurde mit dem elektrischen Messgerät „Aqua Boy BM I“ erfasst. Gemessen wurde in folgenden Messtiefen:

- 0-20 mm (oberes Drittel des Estrichquerschnitts)
- 15-35 mm (mittleres Drittel des Estrichquerschnitts)
- 25-45/50 mm (unteres Drittel des Estrichquerschnitts)

Die Messung erfolgte mittels Elektroden, die in einem Abstand von ca. 25 cm mittels Bohrung in den Estrich eingeführt werden. Die Bohrlöcher werden für die Messung mit Graphit gefüllt. Abgelesen wird der Messwert in Digits. Eine gesicherte Korrelation zwischen diesen Werten und dem Feuchtegehalt, gemessen durch Darren oder nach der CM-Methode, gibt es nicht. Die Messung eignet sich damit nur dazu, tendenzielle Änderungen im Estrichfeuchtegehalt zu erfassen.

Die Messungen erfolgten immer in denselben Bohrlöchern. Zwischen den Messungen wurden die Bohrlöcher oberseitig mit Knetmasse verschlossen.

Außerdem wurde der Feuchtegehalt der Parkettbeläge mit dem elektrischen Messgerät „Gann Hydromette H 35“ etwa in der Mitte des Holzquerschnittes gemessen. Die Messungen erfolgten ebenfalls immer an derselben Messstelle. Hierzu wurden an den betreffenden Stellen Metallstifte ins Holz eingeschlagen.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Skizzen 12 bis 17 der Anlagen 42 bis 47 dargestellt.

Hinweise zur Parkettfeuchte nach der Belagverlegung:

Die im Parkett festgestellten Feuchteänderungen folgten im Wesentlichen dem Verlauf der Änderungen des Raumklimas (relative Luftfeuchte) in der Prüfhalle. Ein Unterschied im Verlauf des Feuchtegehaltes des Parketts zwischen der Versuchsfläche, bei der das Parkett bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% verlegt wurde und der Versuchsfläche, bei der das Parkett bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-% verlegt wurde, war nicht vorhanden. Offenbar bewirkte der verwendete Polyurethanklebstoff eine feuchtesperrende Wirkung.

Hinweise zur Estrichfeuchte nach der Belagverlegung:

Bei den elektrisch (Aqua-Boy BM I) durchgeführten Messungen war bei allen vier Versuchsflächen eine Abnahme des Feuchtegehaltes erkennbar. Bei den Versuchsflächen mit Parkettbelag waren die angezeigten Werte am Versuchsende fast gleich groß. Bei den Versuchsflächen mit Kautschukbelag lagen die angezeigten Werte bei der Versuchsfläche, bei der der Belag bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% verlegt wurde, etwas höher als bei der Versuchsfläche, bei der die Belagverlegung bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-% erfolgte. Bei allen Versuchsflächen war ein Feuchtegefälle von unten (hoher Feuchtegehalt) nach oben (kleiner Feuchtegehalt) vorhanden. Dabei war bei der Versuchsfläche mit Kautschukbelag, bei der der Belag bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% verlegt wurde, kein Feuchtegefälle zwischen unterer und mittlerer Zone des Estrichquerschnitts vorhanden. Nach der Belagverlegung war anhand der angezeigten Werte keine Feuchteanreicherung in der oberen Zone des Estrichquerschnitts, d. h. unter den Belägen, erkennbar.

3.3. Prüfungen beim Ausbau der Versuchsflächen

Die Feststellungen beim Ausbau der Versuchsflächen sind in den Bildern 18 bis 31 der Anlagen 25 bis 31 dokumentiert.

3.3.1. Augenscheinliche Feststellungen

Bei Versuchsfläche 1 (Kautschukbelag, Verlegung bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-%) wurden folgende Blasen im Belag festgestellt:

- Blase 1: 13.05.2016
- Blase 2: 09.06.2016
- Blase 3: 24.08.2016

Nach Sichtbarwerden vergrößerten sich die Blasen nur wenig.

Bei Versuchsfläche 3 (Kautschukbelag, Verlegung bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-%) traten keine Blasen auf.

Bei den Versuchsflächen 2 und 4 (Parkettbeläge) wurden keine Ablösungen des Parketts festgestellt. Fugenbildungen im Parkett waren ebenfalls nicht aufgetreten.

Die Blasen im Kautschukbelag der Versuchsfläche 1 wurden zum Versuchsende geöffnet. Dabei war erkennbar, dass sich der Kautschukbelag bei allen drei Blasen im Klebstoff gelöst hatte. Klebstoffreste waren sowohl an der Oberfläche der Spachtelmasse als auch an der Unterseite des Kautschukbelages vorhanden. Neben den Blasen haftete der Kautschukbelag gut und fest am Untergrund. Der

Klebstoff war nicht verseift. Unter den Blasen wurden mit einem elektrischen Feuchtemessgerät Werte zwischen 128-136 Digits gemessen (siehe Bilder 18 bis 23, Anlagen 25 bis 27).

Die Blasen im Kautschukbelag traten in den ersten Monaten nach der Belagverlegung auf. Danach wurden keine weiteren Blasen festgestellt. Die Ursache der Blasenbildung muss nach unserer Einschätzung in dem zum Verlegezeitpunkt hohen Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-% gesehen werden.

3.3.2. Schälwiderstand des Kautschukbelages

Der Schälwiderstand wurde in Anlehnung an DIN EN 1372 (10.99) – Prüfverfahren für Klebstoffe für Boden- und Wandbeläge; Schälversuch – bestimmt.

Zur Prüfung des Schälwiderstandes wurden in den Kautschukbelag der Versuchsflächen 5 cm breite Streifen eingeschnitten. Die Streifen wurden mit einer Zugvorrichtung versehen und weitestgehend ruckfrei und gleichmäßig senkrecht zur Oberfläche der Versuchsflächen abgezogen. Die über die Prüflänge aufgewendete Kraft wurde festgehalten und der Mittelwert angegeben. Dabei wurden die ersten und letzten ≥ 10 mm der Verklebung nicht berücksichtigt.

Der Schälwiderstand wurde aus der Schälkraft und der Breite der Prüfstreifen errechnet.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Tabelle 7 der Anlage 7 zusammengestellt.

Es wurden praktisch keine Unterschiede im Schälwiderstand der Versuchsfläche 1 (Verlegung Kautschukbelag bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-%) und Versuchsfläche 3 (Verlegung Kautschukbelag bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-%) festgestellt. Die Prüfstreifen rissen überwiegend im Klebstoff (Versuchsfläche 1) bzw. zwischen Klebstoff und Spachtelmasse (Versuchsfläche 3) ab.

3.3.3. Haftzugfestigkeit des Kautschukbelages und der Parkettbeläge

Die Haftzugfestigkeit des Kautschukbelages und der Parkettbeläge wurde an den Versuchsflächen nach dem Hinweisblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden; Allgemeines, Prüfung, Einflüsse, Beurteilungen“ (Stand: November 2004), herausgegeben vom Bundesverband Estrich und Belag e.V., Troisdorf, und den darin enthaltenen Prüfvorschriften geprüft.

Hierzu wurden der Kautschukbelag bzw. die Parkettbeläge mit einer Steinsäge bis etwa 2 mm tief in den Zementestrich trocken so eingesägt, dass eine Nut mit 50 mm Kantenlänge entstand. Nach Reinigen der Prüfstellen mit Aceton wurden quadratische Metallabzugskörper mit 50 mm Kantenlänge mit einem 2-Komponenten-MMA-Klebstoff (Silical RI/21) aufgeklebt. Nach dem Aushärten des Klebstoffs wurden die Metallabzugskörper mit dem Haftzugprüfgerät Easy M der Firma Freundl, Wennigsen, mit einer Kraftsteigerung von 125 N/s senkrecht zur Oberfläche abgezogen.

Die Haftzugfestigkeit wurde aus der Zugkraft beim Abriss der Prüfflächen ermittelt.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Tabellen 8 bis 10 der

Anlagen 8 bis 10 zusammengestellt. In den Tabellen sind auch die Bruchflächen beim Abriss der Prüfstempel beschrieben.

Es wurden praktisch keine Unterschiede in der Haftzugfestigkeit der Versuchsfläche 1 (Verlegung Kautschukbelag bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-%) und Versuchsfläche 3 (Verlegung Kautschukbelag bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-%) bzw. der Versuchsfläche 2 (Verlegung Parkettbeläge bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-%) und Versuchsfläche 4 (Verlegung Parkettbeläge bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-%) festgestellt. Die Prüfstreifen rissen überwiegend im Klebstoff bzw. zwischen Kautschukbelag und Spachtelmasse (Versuchsfläche 1 und 3) bzw. im Parkettklebstoff bzw. oberster Estrichrandzone (Versuchsfläche 2 und 4) ab.

3.3.4. Feuchtegehalte der Fußbodenschichten

Nach Abschluss der Untersuchungen wurden aus den Versuchsflächen Proben der einzelnen Fußbodenschichten entnommen und der Feuchtegehalt durch Darren bei $(105 \pm 3)^\circ\text{C}$ (Parkett und Zementestrich) bzw. $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ (Polystyrol-Dämmung) bis zur Gewichtskonstanz ermittelt. Außerdem wurden Proben der Spachtelmasse der Versuchsflächen 1 und 3 entnommen und der Gewichtsverlust bei Lagerung in Klima 23/50 ermittelt.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Tabellen 11 bis 13 der Anlagen 11 bis 13 zusammengestellt.

Die Feuchtegehalte der Zementestriche waren bei den Versuchsflächen 1 und 2 (Belagverlegung bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-%)

etwas höher als bei den Versuchsflächen 3 und 4 (Belagverlegung bei einem Estrichfeuchtegehalt von 2 CM-%). Dabei waren die Unterschiede in den Feuchtegehalten der Zementestriche aber deutlich kleiner als zum Zeitpunkt der Belagverlegung. Während die Verringerung des Estrichfeuchtegehaltes bei den Versuchsflächen mit Kautschukbelag überwiegend auf nachträgliche Hydratation des Zementsteins (chemische Wasserbindung) zurückzuführen sein dürfte, ist davon auszugehen, dass bei den Versuchsflächen mit Parkettbelägen neben einer nachträglichen Hydratation des Zementsteins auch eine nachträgliche Austrocknung des Zementestrichs stattgefunden haben dürfte.

Zum Zeitpunkt der Feuchtemessungen hatten alle Zementestriche praktisch den für die Verlegung von Belägen notwendigen Restfeuchtegehalt erreicht. Dabei war der Feuchtegehalt bei Versuchsfläche 1 (Belagverlegung bei einem Estrichfeuchtegehalt von 3,2 CM-%) noch am höchsten.

Zum Prüfzeitpunkt war anhand der festgestellten Werte keine Feuchteanreicherung in der oberen Zone des Estrichquerschnitts nach der Belagverlegung, d. h. unter den Belägen, erkennbar.

In Tabelle 14 der Anlage 14 sind die Zusammenhänge nochmals zusammengestellt.

Die Spachtelmassen der Versuchsflächen 1 und 3 verloren bei der Lagerung in Klima 23/50 nur noch relativ wenig Wasser. Zum Prüfzeitpunkt war keine nennenswerte Auffeuchtung der Spachtelmassen durch Feuchte aus dem Zementestrich erkennbar.

Die Parkettbeläge wiesen zum Prüfzeitpunkt bei allen beiden

Versuchsflächen zwischen oberer und unterer Querschnittshälfte kaum einen Feuchteunterschied auf. Die Feuchtegehalte korrelierten mit der in der Prüfhalle im Mittel vorhandenen relativen Luftfeuchte von ca. 50 % r. H..

Die Polystyrol-Dämmschicht war zum Prüfzeitpunkt trocken.

3.3.5. Biegezugfestigkeit des Zementestrichs (Bestätigungsprüfung)

Zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit wurde aus jeder Versuchsfläche eine Ausbauplatte (Abmessungen ca. 40 cm x 40 cm x Estrichdicke) mit einer Steinsäge mit Staubabzug trocken herausgesägt.

Aus den Ausbauplatten wurden anschließend jeweils vier Streifen von etwa 6 cm Breite mit einer Steinsäge mit Staubabsaugung trocken herausgesägt. Die Kraftangriffsflächen und Auflagerflächen der Streifen wurden plangeschliffen.

Die Biegezugfestigkeit wurde nach DIN 18 560- 2 (09.09) - Estriche im Bauwesen - Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche) - geprüft. Die Streifen wurden hierzu mit einer auf die ganze Breite wirkenden Linienkraft in der Mitte der Stützweite bis zum Bruch belastet. Die bei der Herstellung des Estrichs untere Seite lag dabei in der Zugzone.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Tabelle 15 der Anlage 15 zusammengestellt.

Die für einen Zementestrich der Biegezugfestigkeitsklasse CT-F4 mindestens erforderlichen Festigkeitswerte bei der Bestätigungsprüfung

(Mittelwert $\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$) wurden bei der Prüfung erreicht bzw. lagen deutlich darüber.

4. Sonstiges

Die durchgeführten Untersuchungen und Prüfergebnisse können nicht verallgemeinert werden. Andere Verlegewerkstoffe und Beläge können zu abweichenden Prüfergebnissen führen. Gleiches gilt bei beheizten Zementestrichen.

5. Schlussbemerkungen

Der Prüfbericht besteht aus 22 Seiten und 47 Anlagen. Er darf nicht geändert und nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Instituts veröffentlicht werden. Dies bezieht sich auch auf eine auszugsweise Veröffentlichung. Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.

Institut für Baustoffprüfung
und Fußbodenforschung

Institutsleitung:

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Egbert Müller

Dr.rer.nat. Roland Augustin

(Mittelwert $\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$) wurden bei der Prüfung erreicht bzw. lagen deutlich darüber.

4. Sonstiges

Die durchgeführten Untersuchungen und Prüfergebnisse können nicht verallgemeinert werden. Andere Verlegewerkstoffe und Beläge können zu abweichenden Prüfergebnissen führen. Gleiches gilt bei beheizten Zementestrichen.

5. Schlussbemerkungen

Der Prüfbericht besteht aus 22 Seiten und 47 Anlagen. Er darf nicht geändert und nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Instituts veröffentlicht werden. Dies bezieht sich auch auf eine auszugsweise Veröffentlichung. Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.

Institut für Baustoffprüfung
und Fußbodenforschung

Institutsleitung:



Dipl.-Ing. Egbert Müller



Geschäftsführung:



Dr. rer. nat. Roland Augustin

Tabelle 1: Ausgangsstoffe und Zusammensetzung des Estrichmörtels und Frischmörteleigenschaften

Ausgangsstoffe und Zusammensetzung:

Zement:	Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL 32,5 R (Phoenix Krogbeumker, Beckum)
Gesteinskörnung:	Kiessand 0/8 mm (Sieblinie A/B ₈ nach DIN 1045-2)
Mischungsverhältnis:	Zement : Gesteinskörnung (trocken) = 1 : 6,0 Masse-Teile
Zusatzmittel:	„E“ (Dosierung lt. Vorgabe Produkthersteller)

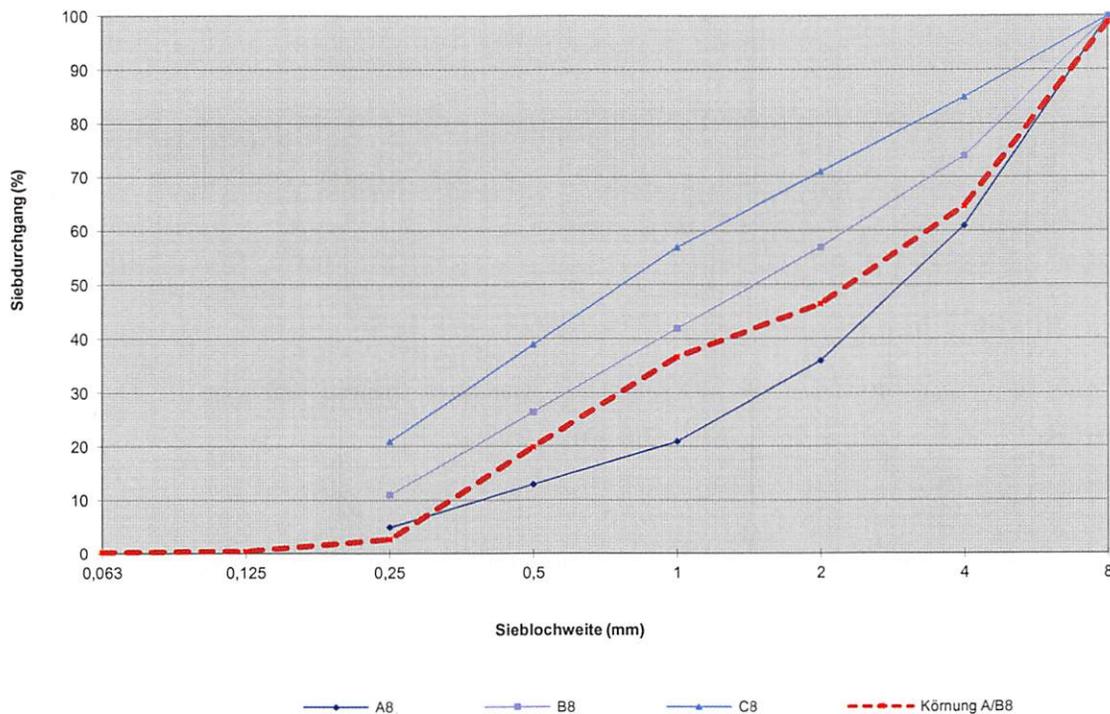
Frischmörteleigenschaften:

Wassermenge (w/z-Wert):	0,56
Ausbreitmaß:	10,5 cm
Luftgehalt (LP-Gehalt):	4,8 %
Frischmörtelrohddichte:	2,32 kg/dm ³
Mörteltemperatur:	19 °C

Tabelle 2: Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung

Prüfungsdurchführung: nach DIN EN 933-1 (03.12)

Gesteinskörnung	Siebdurchgang in Masse-% durch das Sieb mit							
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8 mm Lochweite
A/B ₈	0,3	0,53	2,7	20,0	36,7	46,5	64,6	99,0



Skizze 1: Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung

Tabelle 3: Bezeichnung der Versuchsflächen

Versuchsfläche	Bodenbelag	Feuchtegehalt des Zementestrichs bei Belagverlegung	Alter bei Belagverlegung Tage
1	Kautschukbelag	3,2 CM-%	5-7
2	Parkettbelag	3,2 CM-%	6
3	Kautschukbelag	2,0 CM-%	25-27
4	Parkettbelag	2,0 CM-%	26



Tabelle 4: Rohdichte, Biegezug- und Druckfestigkeit
(Güteprüfung von Prismen 4 cm x 4 cm x 16 cm)

Prüfungsdurchführung: nach DIN EN 13892-2 (02.03)

Lagerung der Probekörper: 2 Tage in der Form und anschließend entformt bis zum 7. Tag im Feuchtkasten bei 20°C und 95 % rel. Luftfeuchte, danach in Normalklima DIN 50 014-20/65-2

Prüfalter: 28 Tage

Versuchsfläche	Prisma Nr.	Rohdichte kg/dm ³	Biegezugfestigkeit N/mm ²	Druckfestigkeit N/mm ²
1	1	2,23	8,35	48,15 48,15
	2	2,23	9,10	49,40 47,50
	3	2,23	8,45	50,00 50,00
	Mittel	2,23	8,6	48,9
2	1	2,24	7,00	46,90 50,00
	2	2,23	7,50	46,90 46,25
	3	2,24	7,65	47,60 47,60
	Mittel	2,24	7,4	47,5
3	1	2,24	7,05	46,20 46,85
	2	2,23	6,85	46,60 45,95
	3	2,24	7,60	46,95 46,30
	Mittel	2,24	7,2	46,5
4	1	2,22	8,15	48,75 48,75
	2	2,22	7,70	50,00 49,40
	3	2,23	7,80	51,25 49,40
	Mittel	2,22	7,9	49,6



Tabelle 5: Biegezugfestigkeit des Zementestrichs
(Bestätigungsprüfung)

Prüfungsdurchführung: nach DIN 18 560-2 an separat zu den Versuchsflächen
hergestellten Estrichplatten

Lagerung der Probekörper: 3 Tage in Klima ca. 20/85, danach bei
Raumklima in Prüfhalle

Prüfalter: 6 und 28 Tage

Prüf- alter Tage	Probe- körper Nr.	Breite im Bruchquerschnitt mm	Dicke mm	Stütz- weite mm	Bruch- kraft N	Biegezug- festigkeit N/mm ²
6 ¹⁾	1	60	46	250	987	2,9
	2	60	46	250	947	2,8
	3	60	47	250	1294	3,7
	4	60	47	250	1306	3,7
Mittel		-	46	-	-	3,3
26 ²⁾	1	61	47	250	1397	3,7
	2	61	47	250	1524	4,1
	3	60	47	250	1556	4,2
	4	61	47	250	1823	4,9
Mittel		-	47	-	-	4,2

¹⁾ Prüfung zum Zeitpunkt des Feuchtegehaltes von 3,2 CM-%

²⁾ Prüfung zum Zeitpunkt des Feuchtegehaltes von 2 CM-%



Tabelle 6: Oberflächenzugfestigkeit des Estrichs

Prüfungsdurchführung: nach dem Hinweisblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden“ mit runden Stempeln ohne Nut (Oberflächenzugfestigkeit)

Prüfgerät: Haftzugprüfgerät Easy M der Firma Freundl, Wennigsen

Klebstoff: 2-Komponenten-MMA-Klebstoff

Prüfalter: 5 und 25 Tage

Versuchsfläche	Prüfalter Tage	Oberflächenzugfestigkeit ¹⁾ N/mm ²	Bruchfläche
1	5	2,31 2,17 2,15	bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich
Mittel		2,21	-
2	5	2,03 1,89 1,66	bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich
Mittel		1,86	
3	25	1,65 2,23 1,83	bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich
Mittel		1,90	
4	25	2,27 1,98 1,70	bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich bis 1 mm tief im Estrich
Mittel		1,98	

¹⁾ Prüfung nach dem Anschleifen der Estrichoberfläche mit Schleifpapier mit 16er Korn



Tabelle 7: Schälwiderstand des Kautschukbelages

Prüfungsdurchführung: in Anlehnung an DIN EN 1372 (10.99);
Prüfung an den angelieferten Ausbauplatten

Prüfdatum: 15.02.2017

Versuchsfläche	Prüfkörper Nr.	Schälwiderstand in N/mm	Abriss überwiegend
1 ¹⁾	1	1,6 ... 2,0	K
	2	1,6 ... 2,4	K
	3	1,2 ... 2,4	K
	4	1,6 ... 2,8	K
	5	1,8 ... 2,8	K
	Mittel	2,0	-
3 ²⁾	1	1,6 ... 2,0	K/S
	2	1,6 ... 2,4	K/S
	3	1,6 ... 2,8	K/S
	4	1,6 ... 2,8	K/S
	5	1,2 ... 2,4	K/S
	Mittel	2,0	-

¹⁾ Feuchteanzeige elektrisches Feuchtemessgerät unter dem Kautschukbelag: 128 Digits

²⁾ Feuchteanzeige elektrisches Feuchtemessgerät unter dem Kautschukbelag: 124 Digits

K = im Klebstoff

K/S = zwischen Klebstoff und Spachtelmasse



Tabelle 8: Haftzugfestigkeit des Kautschukbelages

Prüfungsdurchführung: nach dem BEB-Hinweisblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden“ an den angelieferten Ausbauplatten

Prüfgerät: Haftzugprüfgerät Easy M
der Firma Freundl, Wennigsen

Klebstoff: 2-Komponenten-MMA-Klebstoff

Prüfdatum: 16.02.2017

Versuchsfläche	Prüfstelle Nr.	Haftzugfestigkeit N/mm ²	Bruchfläche überwiegend
1	1	1,10	K/B-S
	2	1,00	K/B-S
	3	1,00	K/B-S
	Mittel	1,03	-
3	1	0,94	K/B-S
	2	1,07	K/B-S
	3	1,11	K/B-S
	Mittel	1,04	-

K = im Klebstoff

B-S = zwischen Belag und Spachtelmasse



Tabelle 9: Haftzugfestigkeit des Parkettbelages

Prüfungsdurchführung: nach dem BEB-Hinweisblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden“ an den angelieferten Ausbauplatten

Prüfgerät: Haftzugprüfgerät Easy M
der Firma Freundl, Wennigsen

Klebstoff: 2-Komponenten-MMA-Klebstoff

Prüfdatum: 16.02.2017

Versuchsfläche	Holzart	Prüfstelle Nr.	Haftzugfestigkeit N/mm ²	Bruchfläche überwiegend
2 ¹⁾	Buche	1	1,42	K/E
		2	1,49	E
		3	1,09	E
		4	2,15	E
		5	1,23	K/E
		Mittel	1,48	-
2 ²⁾	Eiche	1	1,32	K/E
		2	1,42	K/E
		3	2,00	K/E
		4	0,90	K/E
		5	1,19	K/E
		Mittel	1,37	-

¹⁾ Feuchteanzeige elektrisches Feuchtemessgerät unter dem Kautschukbelag: 115 Digits

²⁾ Feuchteanzeige elektrisches Feuchtemessgerät unter dem Kautschukbelag: 120 Digits

K = im Klebstoff

E = oberste Estrichrandzone

Anmerkung: Streuung der Einzelwerte aufgrund unterschiedlicher Klebstoffbenetzung des Parketts



Tabelle 10: Haftzugfestigkeit des Parkettbelages

Prüfungsdurchführung: nach dem BEB-Hinweisblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden“ an den angelieferten Ausbauplatten

Prüfgerät: Haftzugprüfgerät Easy M
der Firma Freundl, Wennigsen

Klebstoff: 2-Komponenten-MMA-Klebstoff

Prüfdatum: 16.02.2017

Versuchsfläche	Holzart	Prüfstelle Nr.	Haftzugfestigkeit N/mm ²	Bruchfläche überwiegend
4 ¹⁾	Buche	1	1,31	E
		2	1,12	E
		3	1,80	E
		4	1,62	E
		5	1,44	E
		Mittel	1,46	-
4 ²⁾	Eiche	1	2,16	K/E
		2	1,05	E
		3	1,52	K/E
		4	0,71	K/E
		5	1,96	K/E
		Mittel	1,48	-

¹⁾ Feuchteanzeige elektrisches Feuchtemessgerät unter dem Kautschukbelag: 119 Digits

²⁾ Feuchteanzeige elektrisches Feuchtemessgerät unter dem Kautschukbelag: 115 Digits

K = im Klebstoff

E = oberste Estrichrandzone

Anmerkung: Streuung der Einzelwerte aufgrund unterschiedlicher Klebstoffbenetzung des Parketts



Tabelle 11: Feuchtegehalte und Trocknungsverluste
(Versuchsflächen mit Kautschukbelag)

Prüfungsdurchführung: durch Darren

Prüfdatum: 16.02.2017 bis 20.02.2017

Versuchsfläche	Probenart	Darrtemperatur °C	Feuchtegehalt Masse-% ¹⁾
1	Spachtelmasse nach Vorlagerung in Klima 23/50	-	1,39 ²⁾
	Estrich		
	- gesamte Dicke	105 ± 3	3,70
	- obere ca. 10 mm	105 ± 3	3,38
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,46
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,94
	EPS-Dämmung	60 ± 3	1,11
3	Spachtelmasse nach Vorlagerung in Klima 23/50	-	0,92 ²⁾
	Estrich		
	- gesamte Dicke	105 ± 3	3,38
	- obere ca. 10 mm	105 ± 3	2,89
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	2,98
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,74
	EPS-Dämmung	60 ± 3	1,31

¹⁾ bezogen auf die getrockneten Proben

²⁾ Gewichtsverlust bei Lagerung in Klima 23/50 bis zur Gewichtsgleiche



Tabelle 12: Feuchtegehalte der Versuchsflächen mit Parkett

Prüfungsdurchführung: durch Darren

Prüfdatum: 16.02.2017 bis 20.02.2017

Versuchsfläche	Probenart	Darrtemperatur °C	Feuchtegehalt Masse-% ¹⁾
2 Bereich Buche-Parkett	Parkett		
	- ganze Dicke	105 ± 3	9,42
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	9,15
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	9,24
	Estrich		
	- gesamte Dicke	105 ± 3	3,50
	- obere ca. 10 mm	105 ± 3	3,04
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,23
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,69
EPS-Dämmung	60 ± 3	1,32	
2 Bereich Eiche-Parkett	Parkett		
	- ganze Dicke	105 ± 3	9,61
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	9,35
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	10,05
	Estrich		
	- gesamte Dicke	105 ± 3	3,22
	- obere ca. 10 mm	105 ± 3	2,89
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	2,92
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,40
EPS-Dämmung	60 ± 3	0,98	

¹⁾ bezogen auf die getrockneten Proben



Tabelle 13: Feuchtegehalte der Versuchsflächen mit Parkett

Prüfungsdurchführung: durch Darren

Prüfdatum: 16.02.2017 bis 20.02.2017

Versuchsfläche	Probenart	Darrtemperatur °C	Feuchtegehalt Masse-% ¹⁾
4 Bereich Buche-Parkett	Parkett		
	- ganze Dicke	105 ± 3	8,99
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	8,72
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	8,99
	Estrich		
	- gesamte Dicke	105 ± 3	3,00
	- obere ca. 10 mm	105 ± 3	2,81
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	2,69
- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,28	
	EPS-Dämmung	60 ± 3	1,03
4 Bereich Eiche-Parkett	Parkett		
	- ganze Dicke	105 ± 3	9,80
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	9,79
	- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	9,84
	Estrich		
	- gesamte Dicke	105 ± 3	3,01
	- obere ca. 10 mm	105 ± 3	2,57
	- obere Querschnittshälfte	105 ± 3	2,74
- untere Querschnittshälfte	105 ± 3	3,35	
	EPS-Dämmung	60 ± 3	1,24

¹⁾ bezogen auf die getrockneten Proben



Tabelle 14: Feuchtegehalte (Zusammenstellung)

Lagerung der Versuchsflächen: in Prüfhalle bei Raumklima
 1 + 2: ca. 335 Tage nach Belagverlegung bis
 Untersuchungsende
 3 + 4: ca. 315 Tage nach Belagverlegung bis
 Untersuchungsende

Versuchsfläche	Art des Bodenbelages	Feuchtegehalt bei Belagverlegung CM-% ¹⁾	Feuchtegehalte in Masse-%		Bemerkungen
			A ²⁾	B ³⁾	
1	Kautschuk	3,2	ca. 5,0	3,7	H
2	Parkett	3,2	ca. 5,0	3,5 (B) / 3,22 (E)	H + T
3	Kautschuk	2,0	ca. 3,5	3,38	H
4	Parkett	2,0	ca. 3,5	3,00 (B) / 3,01 (E)	T (H)

¹⁾ Messwerte an kleinen Platten vor Belagverlegung

²⁾ abgeschätzt nach Feuchte in Masse-% $\cong 2,3 \cdot (\text{Feuchte in CM-\%})^{0,7}$

³⁾ nach Abschluss der Untersuchungen

H = Gewichtsänderung dürfte überwiegend auf nachträgliche Hydratation zurückzuführen sein

T (H) = Gewichtsänderung dürfte überwiegend auf nachträgliche Trocknung und teilweise nachträgliche Hydratation zurückzuführen sein

H + T = Gewichtsänderung dürfte auf nachträgliche Hydratation und nachträgliche Trocknung zurückzuführen sein



Tabelle 15: Biegezugfestigkeit des Zementestrichs
(Bestätigungsprüfung)

Prüfungsdurchführung: nach DIN 18 560-2 an den Versuchsflächen

Lagerung der Probekörper: bei Raumklima in Prüfhalle bei Belegung mit Kautschuk- bzw. Parkettbelag

Prüfdatum: 21.02. 2017

Prüfalter: 354 Tage

Versuchsfläche	Probekörper Nr.	Breite im Bruchquerschnitt mm	Dicke mm	Stützweite mm	Bruchkraft N	Biegezugfestigkeit N/mm ²
1	1	61	51	250	2015	4,8
	2	61	50	250	1652	4,1
	3	61	52	250	2006	4,6
	Mittel	-	51	-	-	4,5
2	1	61	44	250	1624	5,2
	2	61	45	250	1912	5,8
	3	61	46	250	1632	4,7
	Mittel	-	45	-	-	5,2
3	1	61	49	250	1567	4,0
	2	61	49	250	1946	5,0
	3	61	49	250	1708	4,8
	Mittel	-	49	-	-	4,6
4	1	60	52	250	2260	5,2
	2	60	53	250	1796	4,0
	3	60	54	250	2019	4,3
	Mittel	-	53	-	-	4,5





Bild 1: Versuchsflächen vor der Verlegung des Zementestrichs



Bild 2: Versuchsflächen nach der Verlegung des Zementestrichs mit Messuhren zur Messung der vertikalen Verformungen



Bild 3: Versuchsflächen nach der Verlegung des Zementestrichs - 3 Tage
Überspannung mit PE-Folie zur Vermeidung einer zu schnellen Austrocknung



Bild 4: Versuchsflächen nach der Verlegung des Zementestrichs im Alter von
3 Tagen nach Entfernen der Überspannung aus PE-Folie



Bild 5: Anschleifen der Estrichoberfläche mit Schleifpapier mit 16er Korn



Bild 6: Verlegung der Parkettbeläge mit 2K-PU-Klebstoff



Bild 7: Verlegung der Parkettbeläge mit 2K-PU-Klebstoff

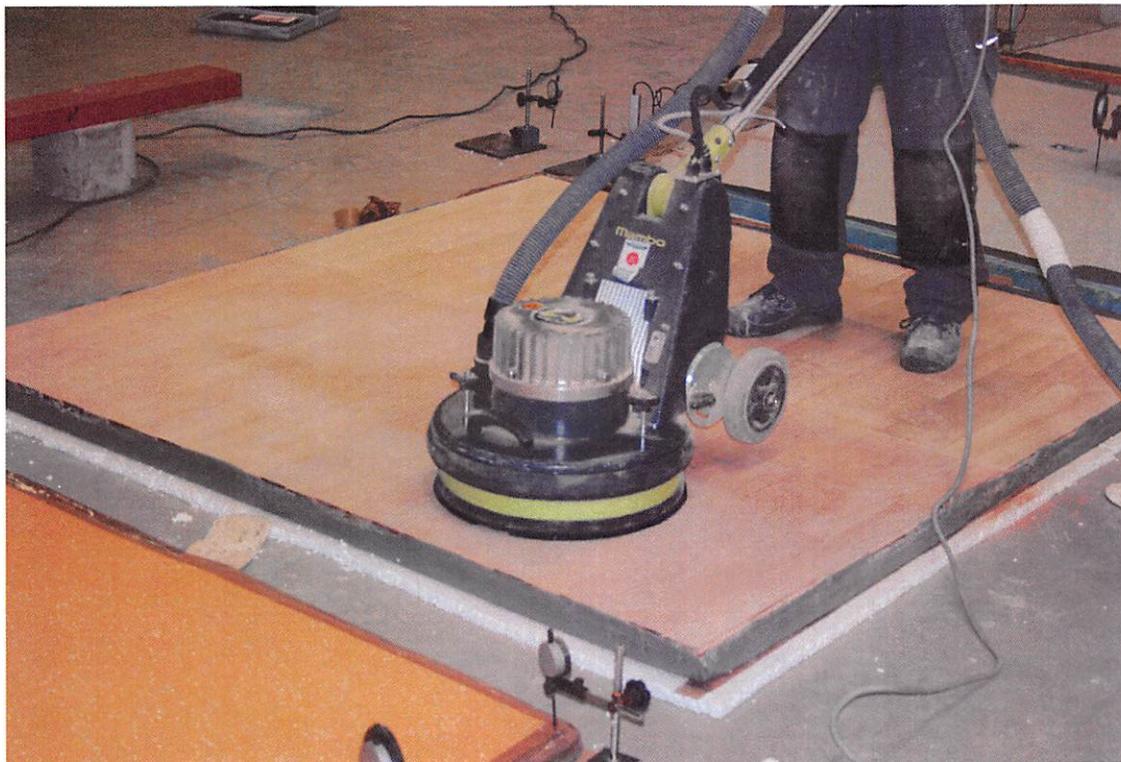


Bild 8: Schleifen der Parkettbeläge

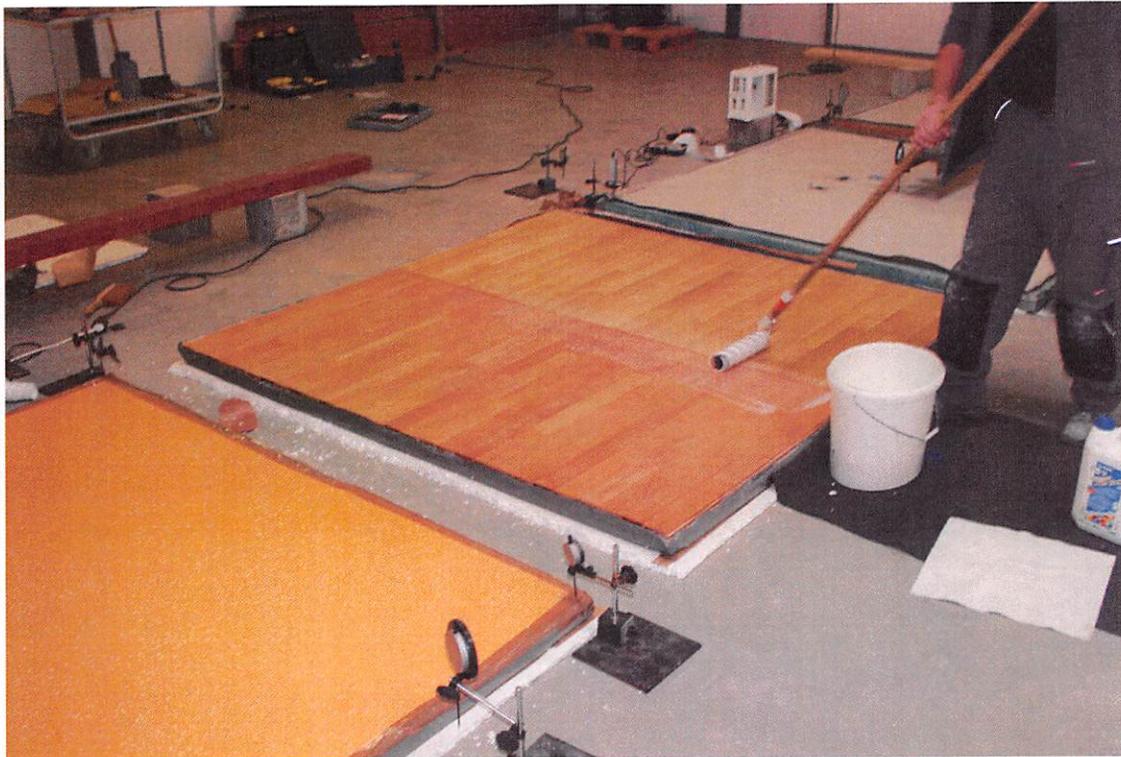


Bild 9: Versiegeln der Parkettbeläge mit wasserbasierter 2K-PU-Grundierung und wasserbasiertem 2K-PU-Lack



Bild 10: Spachteln der Versuchsflächen mit zementgebundener Spachtelmasse (Vorstrich mit wässriger Acrylat--Dispersionsgrundierung)



Bild 11: Verlegung Kautschukbelag mit Dispersionsklebstoff

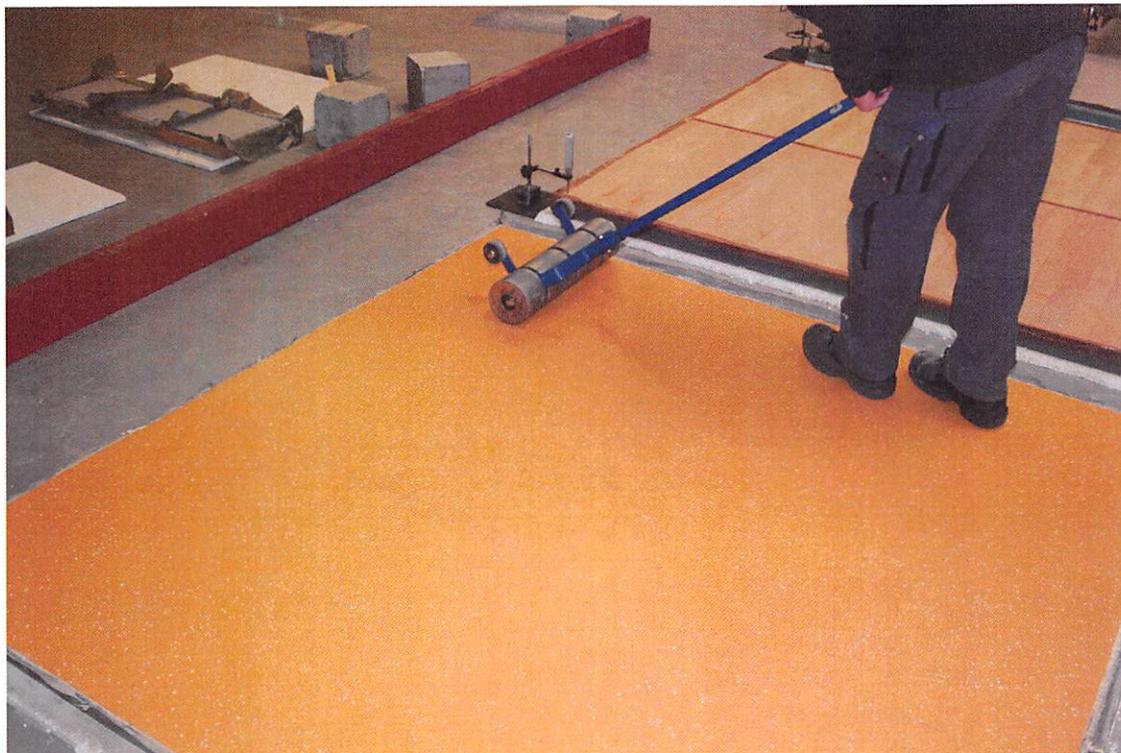


Bild 12: Anwalzen des Kautschukbelages



Bild 13: Versuchsflächen nach Verlegung der Beläge mit Messvorrichtungen

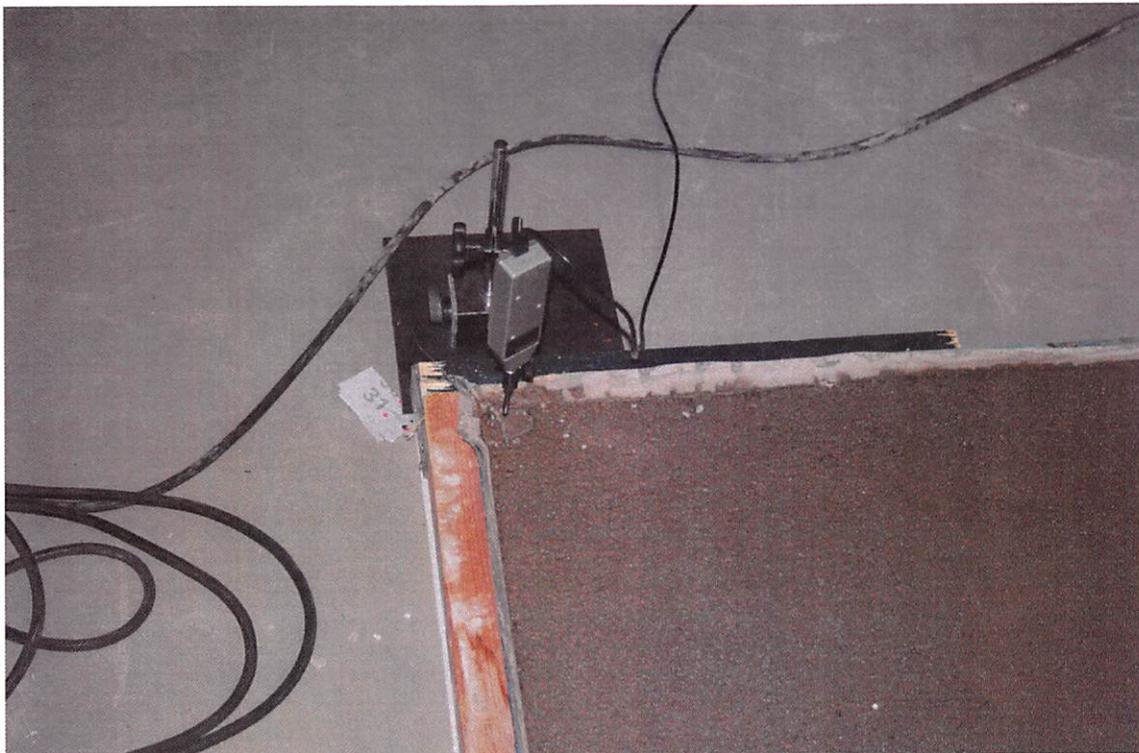


Bild 14: Messung der vertikalen Verformungen der Versuchsflächen mit Messuhren
!!! neues Bild !!!

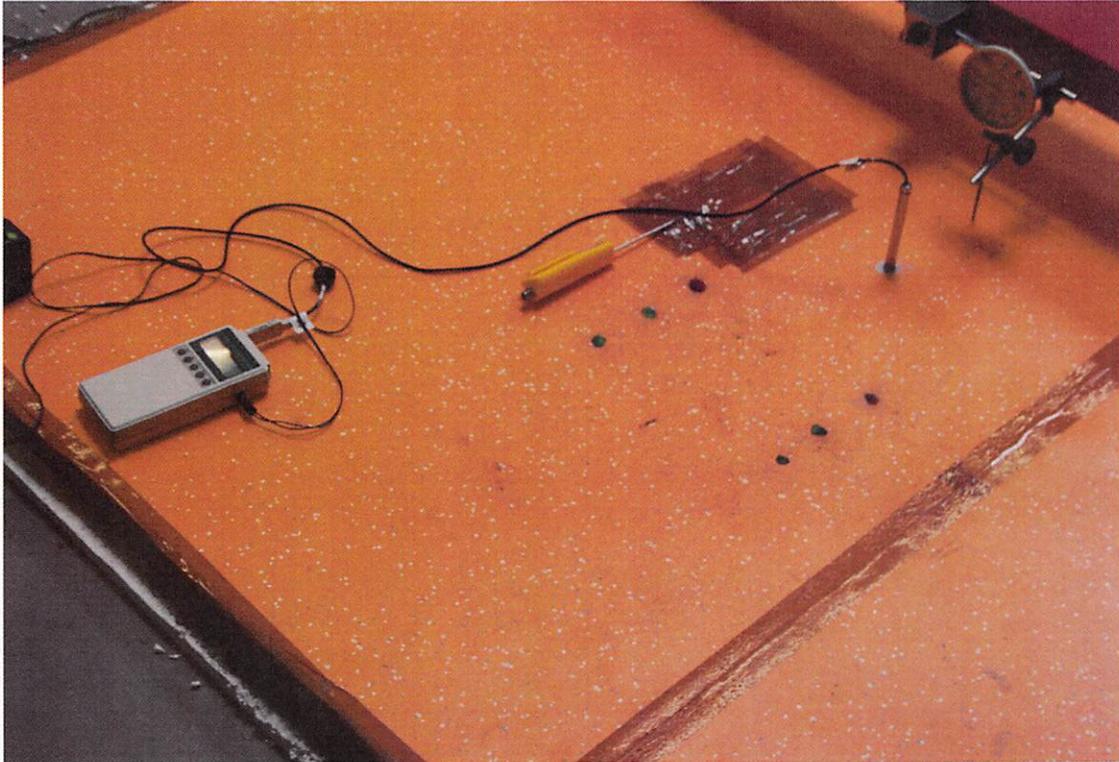


Bild 15: Messung der Feuchteverteilung im Estrichquerschnitt mit dem elektrischen Messgerät Aqua-Boy BM I
!!! neue Foto !!!!

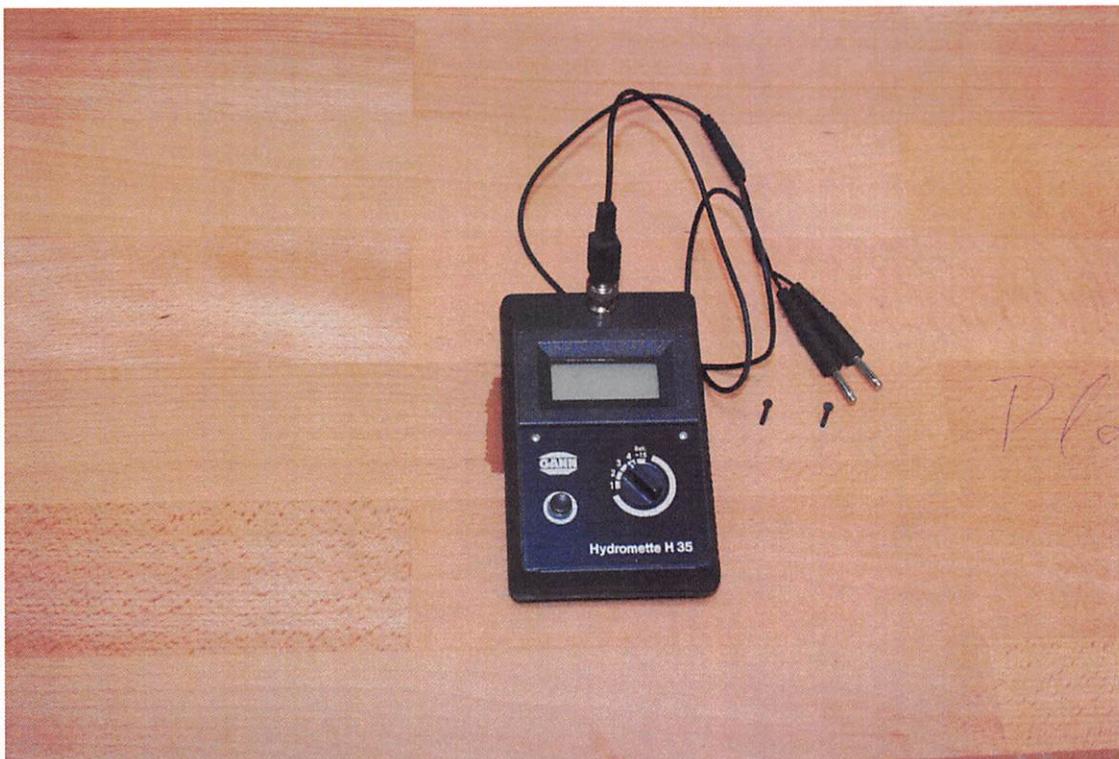


Bild 16: Messung der Holzfeuchte mit dem elektrischen Messgerät Gann-Hydormette H 35



Bild 17: Messung der horizontalen Längenänderungen des Parketts mit dem Setzdehnungsmesser

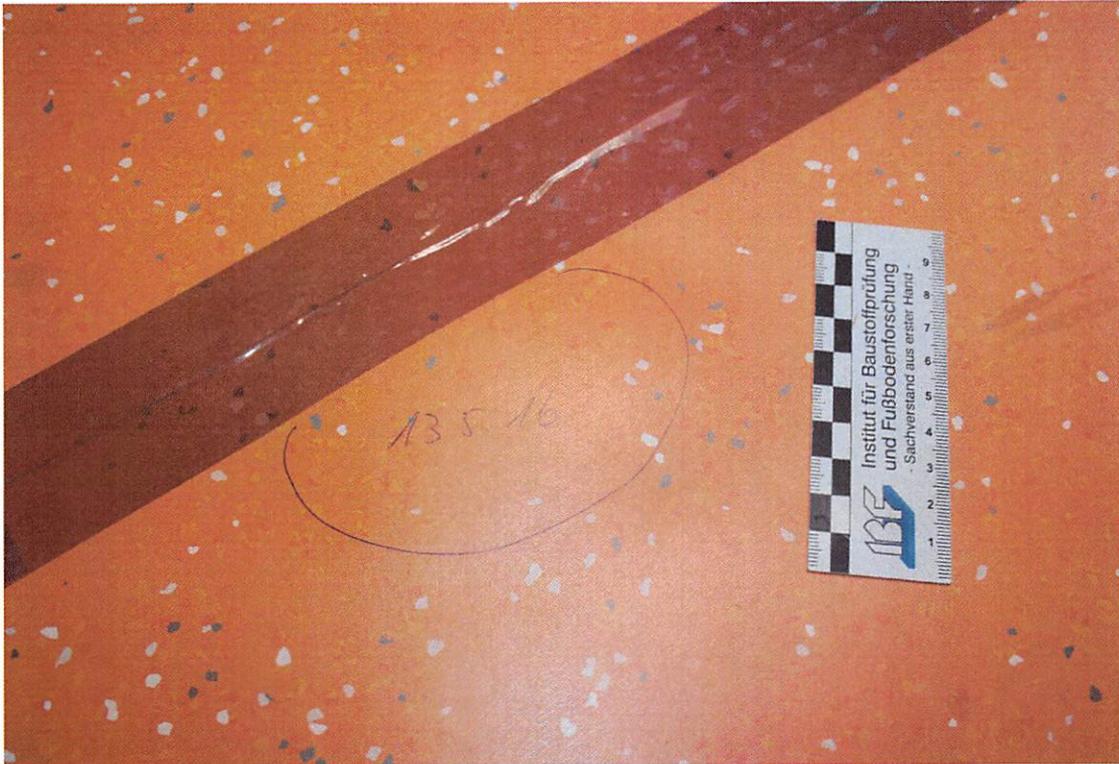


Bild 18: Versuchsfläche 1 - Blase vom 13.05.2016

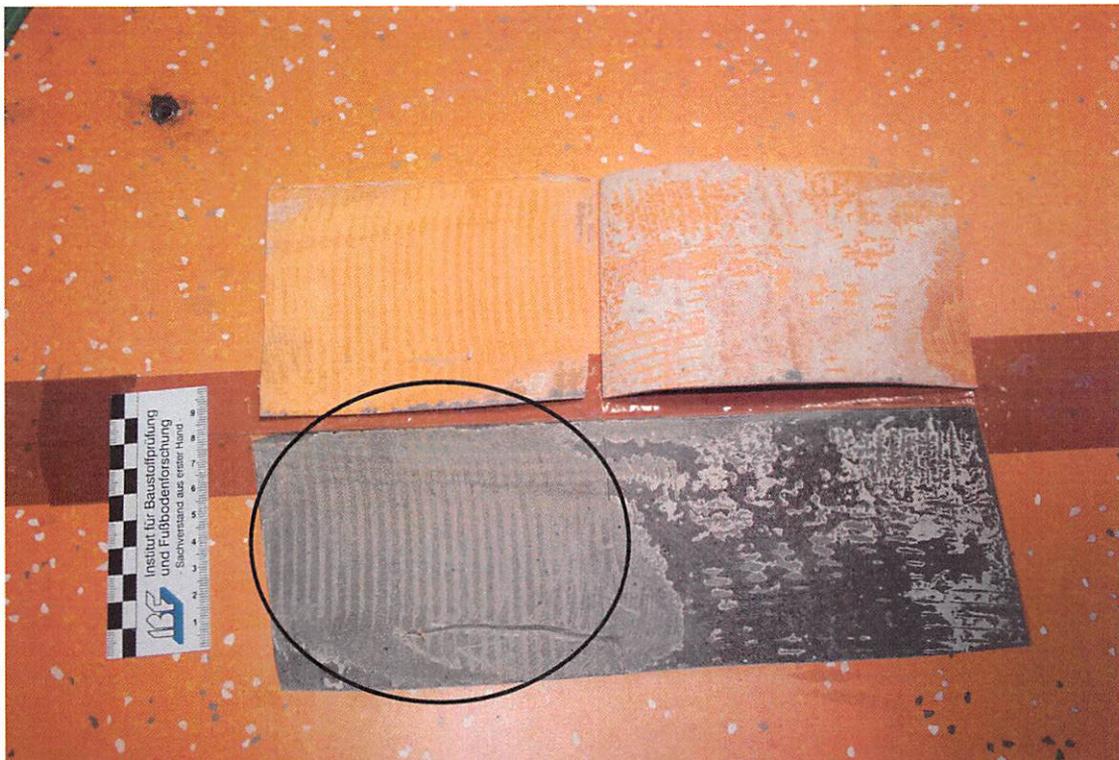


Bild 19: Versuchsfläche 1 - Blase vom 13.05.2016 nach dem Öffnen; Ablösung des Kautschukbelags im Klebstoff



Bild 20: Versuchsfäche 1 - Blase vom 06.06.2016



Bild 21: Versuchsfäche 1 - Blase vom 06.06.2016 nach dem Öffnen; Ablösung des Kautschukbelags im Klebstoff



Bild 22: Versuchsfläche 1 - Blase vom 24.08.2016

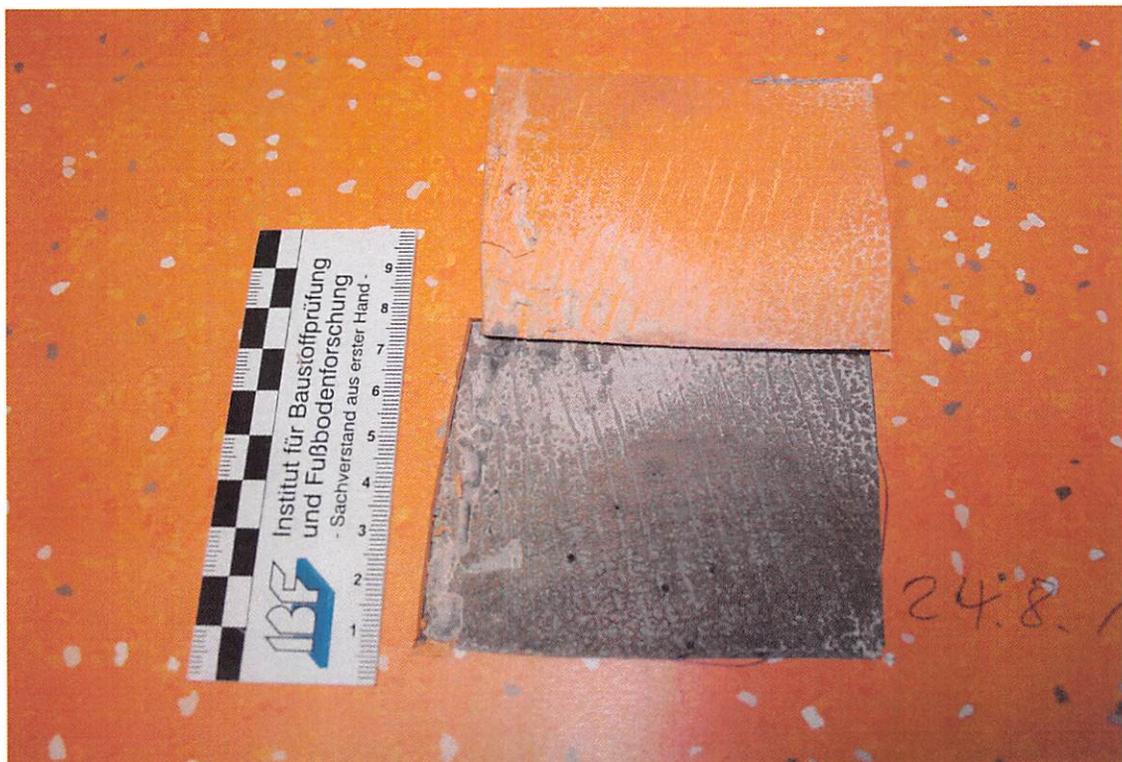


Bild 23: Versuchsfläche 1 - Blase vom 24.08.2016 nach dem Öffnen; Ablösung des Kautschukbelags im Klebstoff

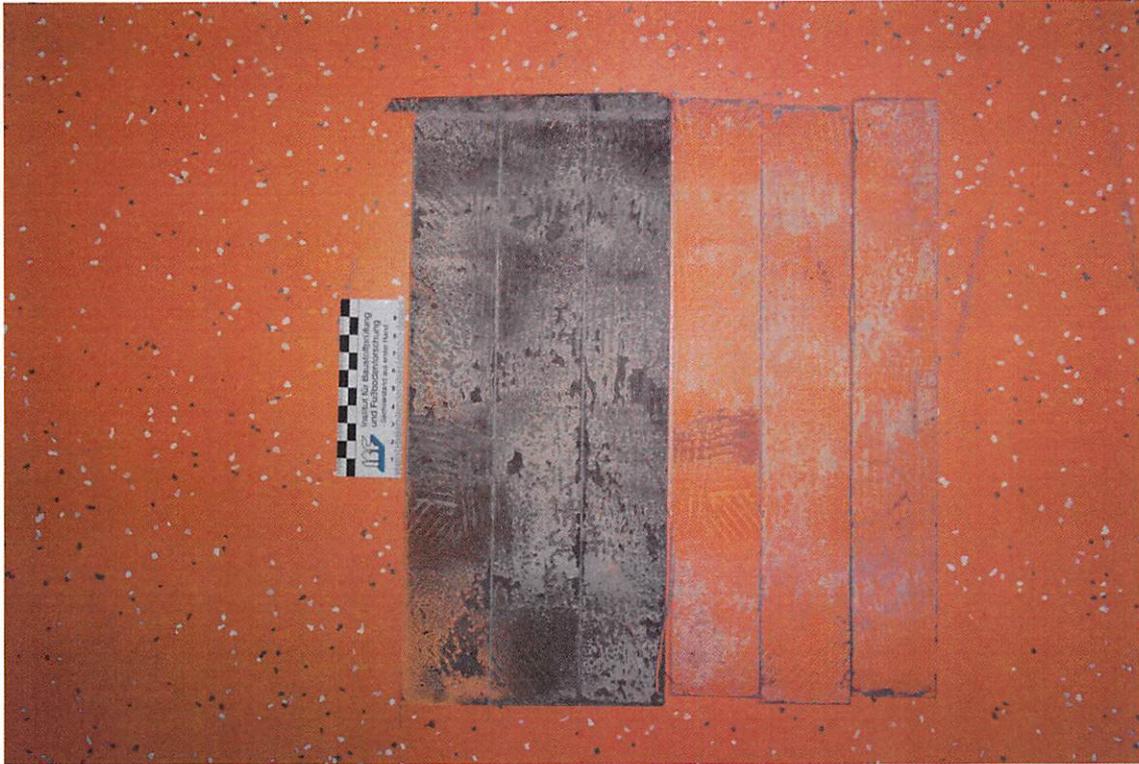


Bild 24: Versuchsfläche 1 - Prüfung Schälwiderstand; Abriss im Klebstoff



Bild 25: Versuchsfläche 3 - Prüfung Schälwiderstand; Abriss zwischen Klebstoff und Spachtelmasse



Bild 26: Versuchsfläche 1 - Prüfung Haftzugfestigkeit; Abriss im Klebstoff bzw. zwischen Kautschukbelag und Spachtelmasse



Bild 27: Versuchsfläche 3 - Prüfung Haftzugfestigkeit; Abriss im Klebstoff bzw. zwischen Kautschukbelag und Spachtelmasse



Bild 28: Versuchsfläche 2 - Prüfung Haftzugfestigkeit Bucheparkett; Abriss Klebstoff/oberste Estrichrandzone



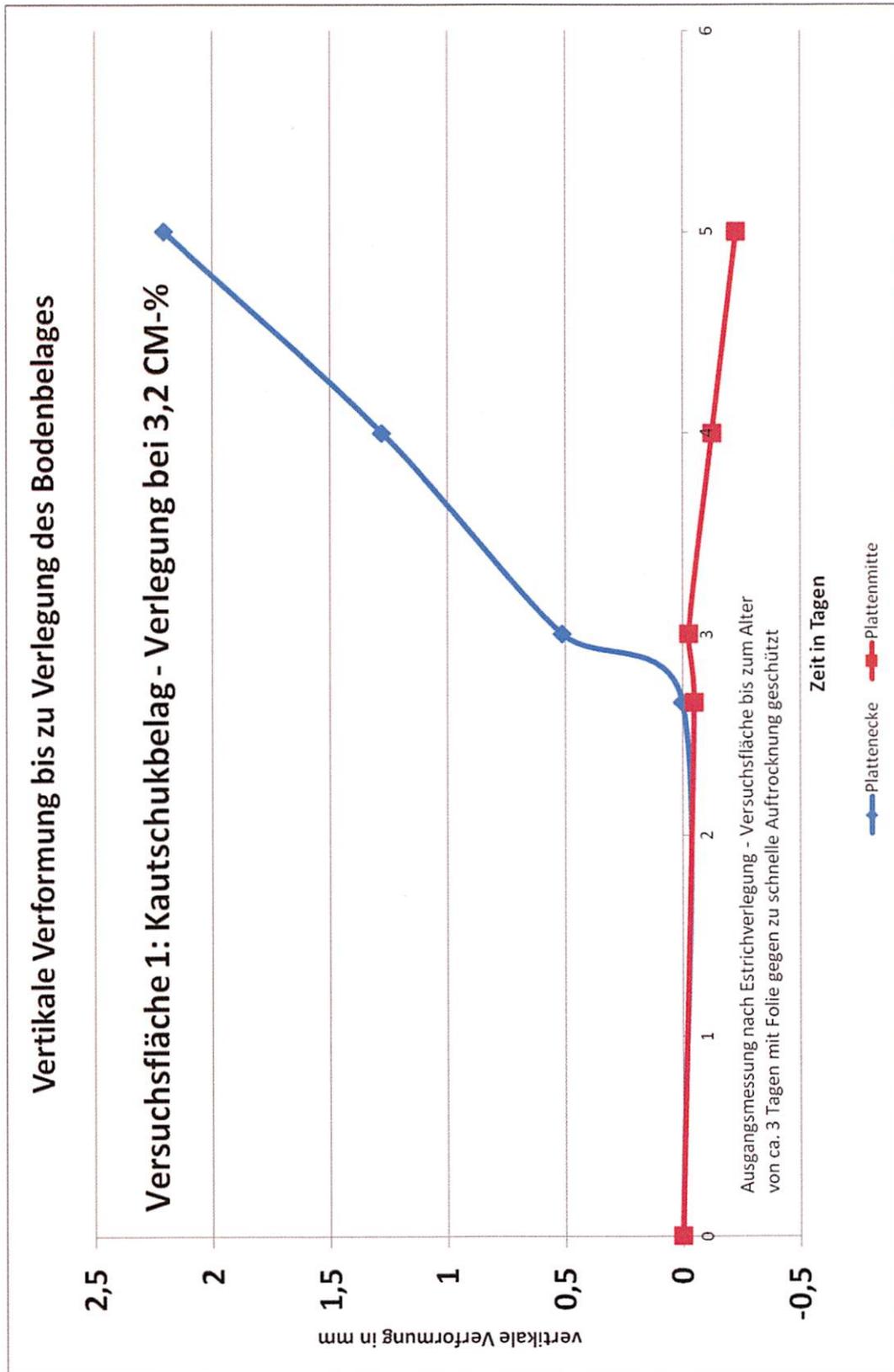
Bild 29: Versuchsfläche 2 - Prüfung Haftzugfestigkeit Eicheparkett; Abriss Klebstoff/oberste Estrichrandzone



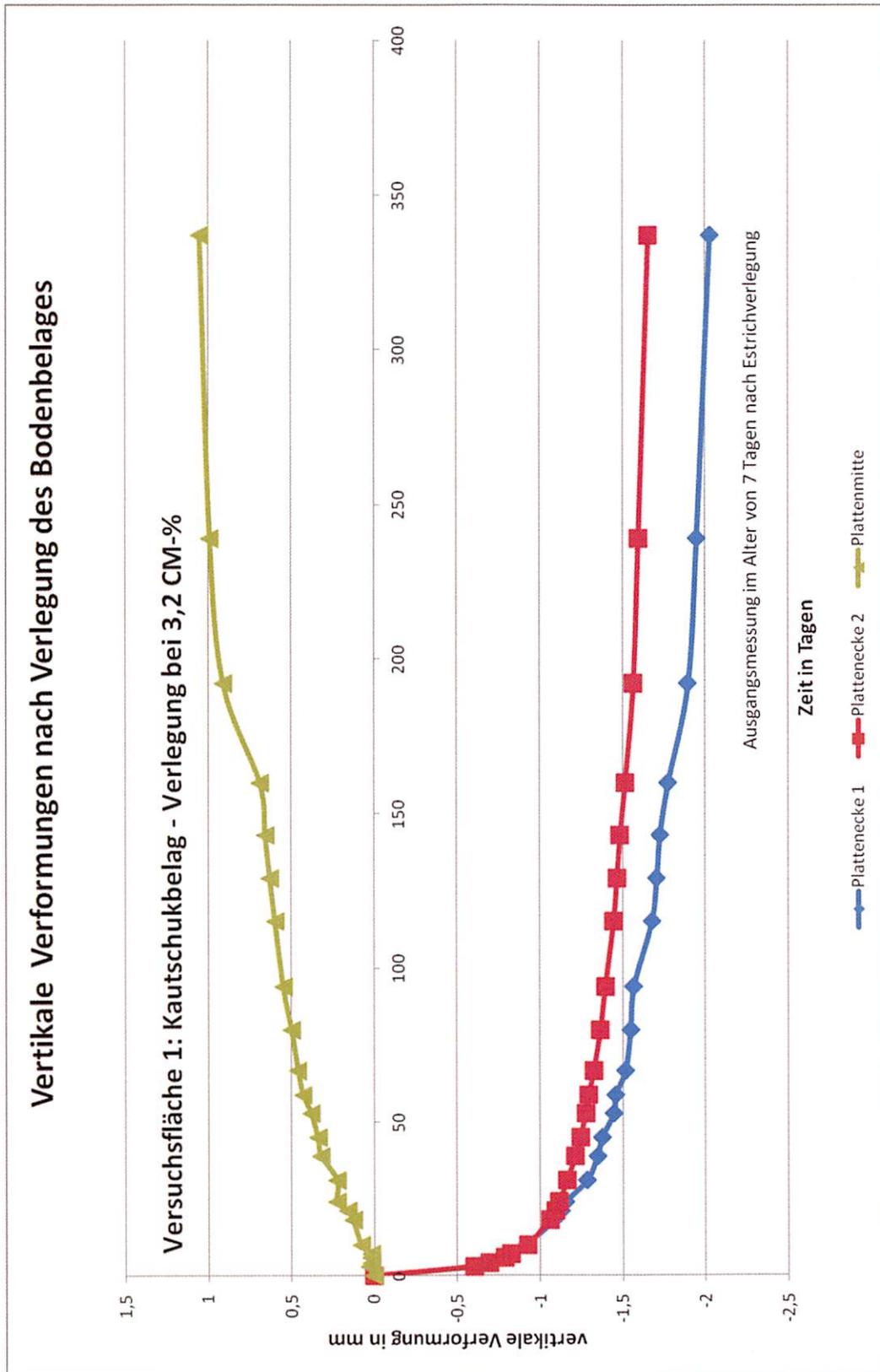
Bild 30: Versuchsfläche 4 - Prüfung Haftzugfestigkeit Bucheparkett; Abriss oberste Estrichrandzone



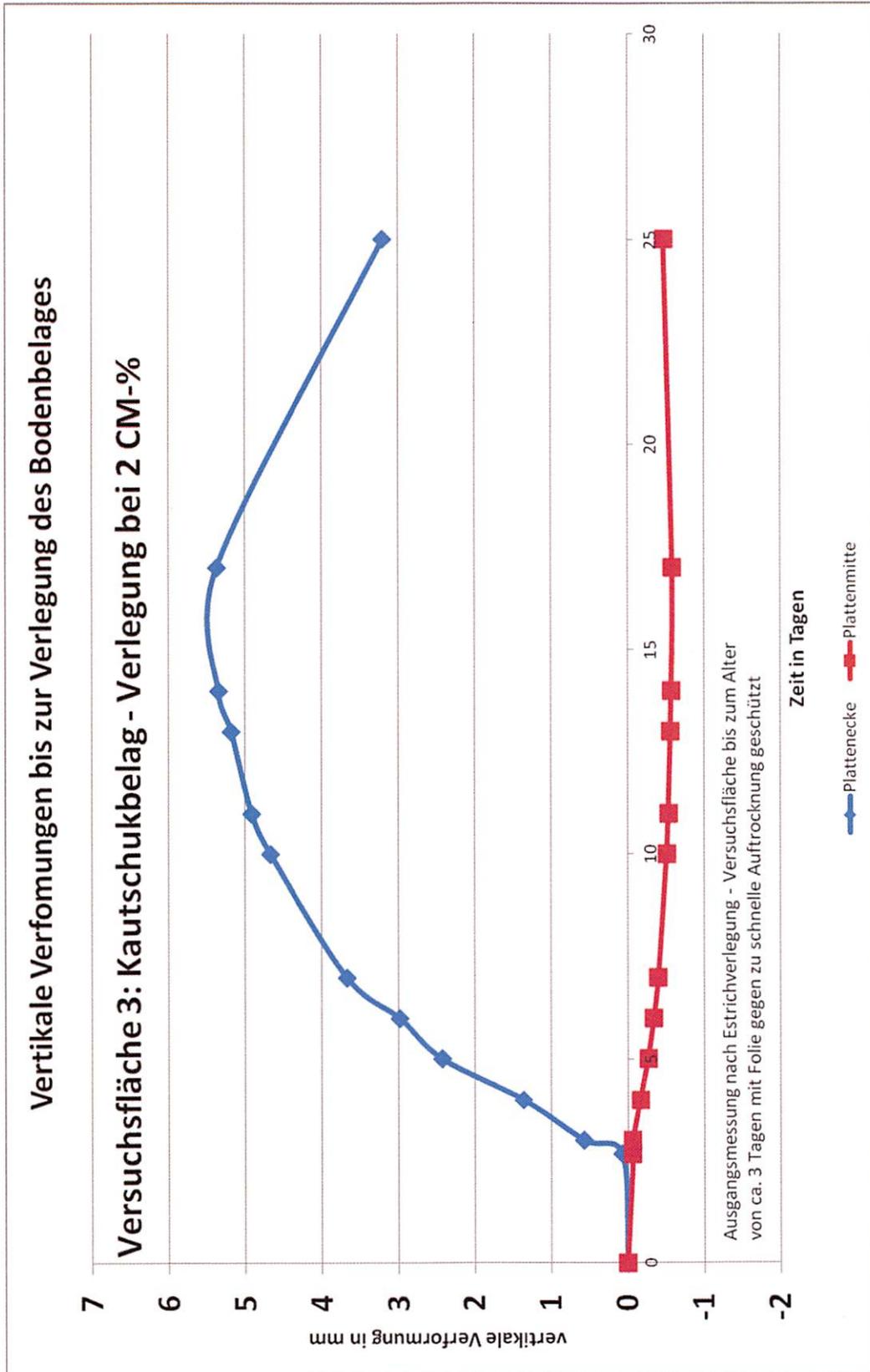
Bild 31: Versuchsfläche 4 - Prüfung Haftzugfestigkeit Eicheparkett; Abriss Klebstoff/oberste Estrichrandzone



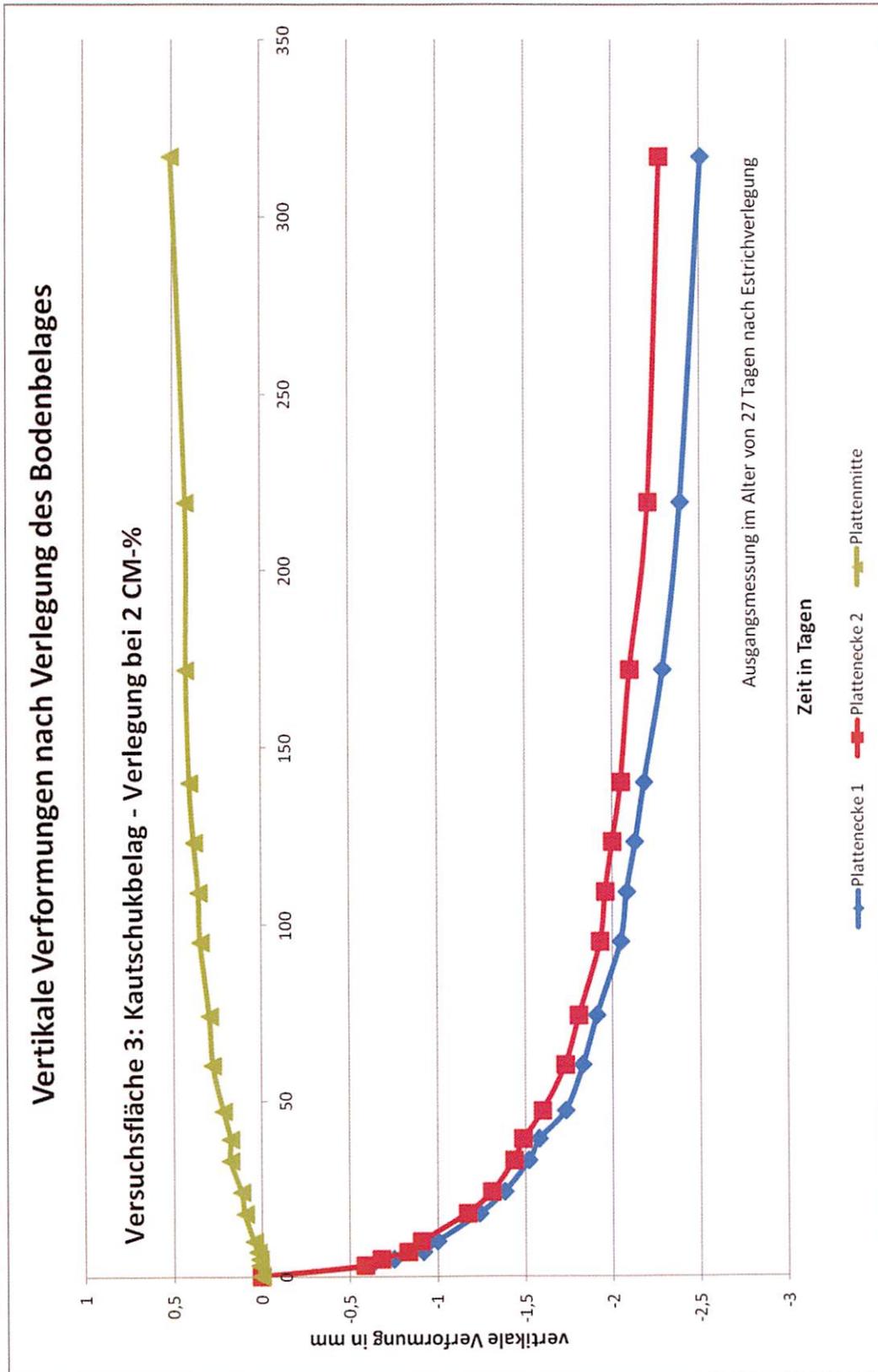
Skizze 2: Versuchsfläche 1 - vertikale Verformungen bis zur Belagsverlegung



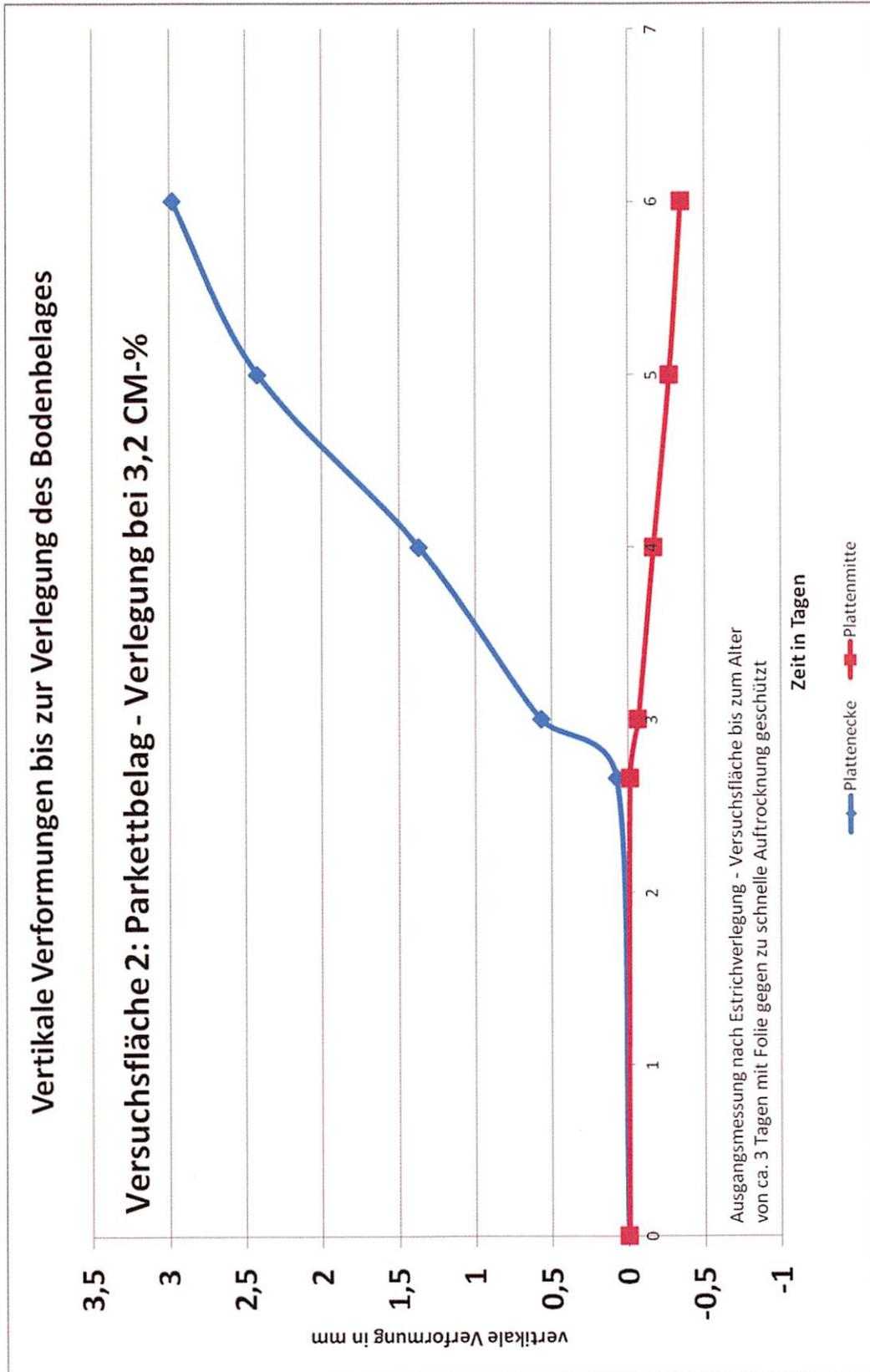
Skizze 3: Versuchsfläche 1 - vertikale Verformungen nach der Belagsverlegung



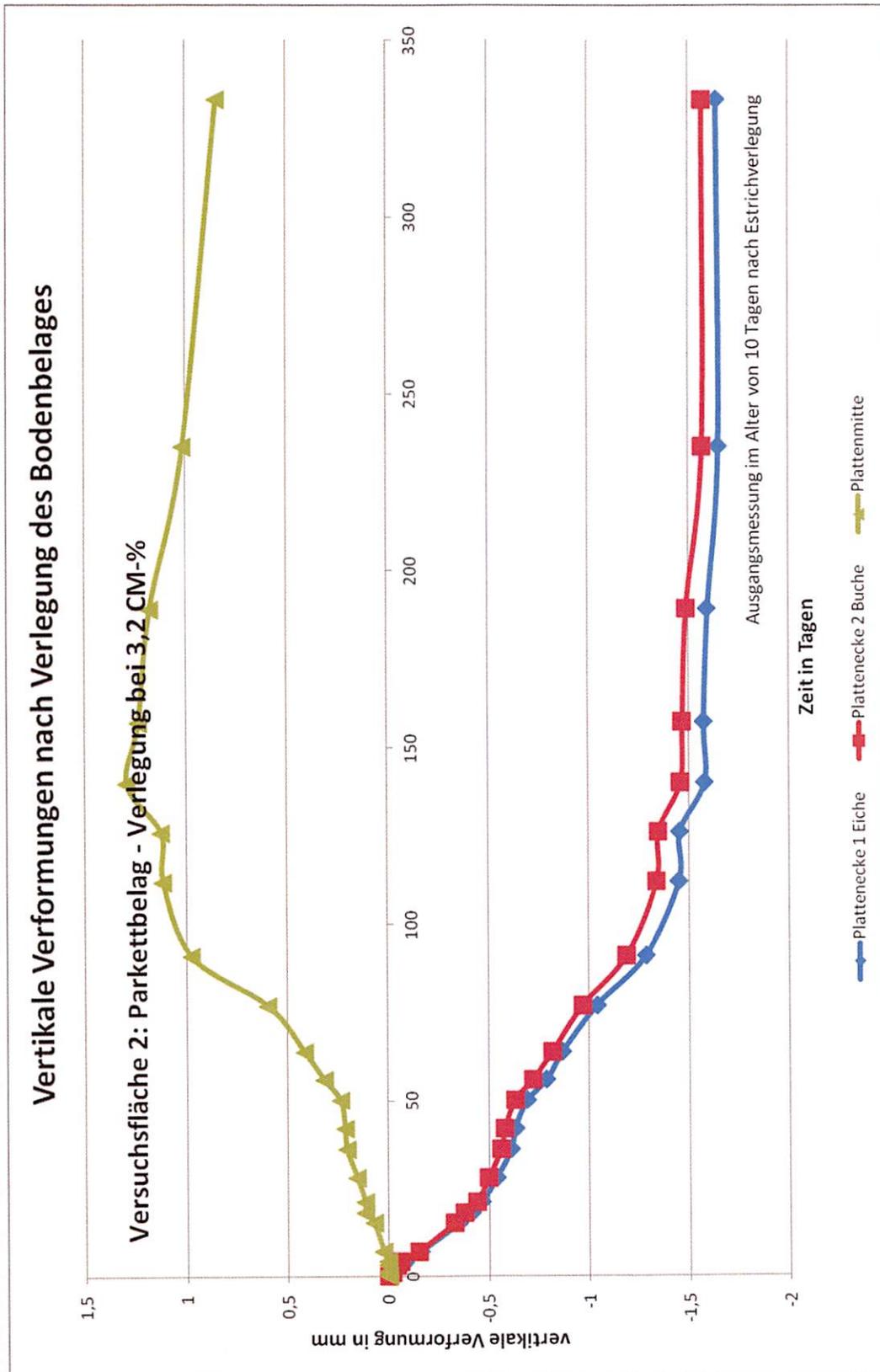
Skizze 4: Versuchsfläche 3 - vertikale Verformungen bis zur Belagsverlegung



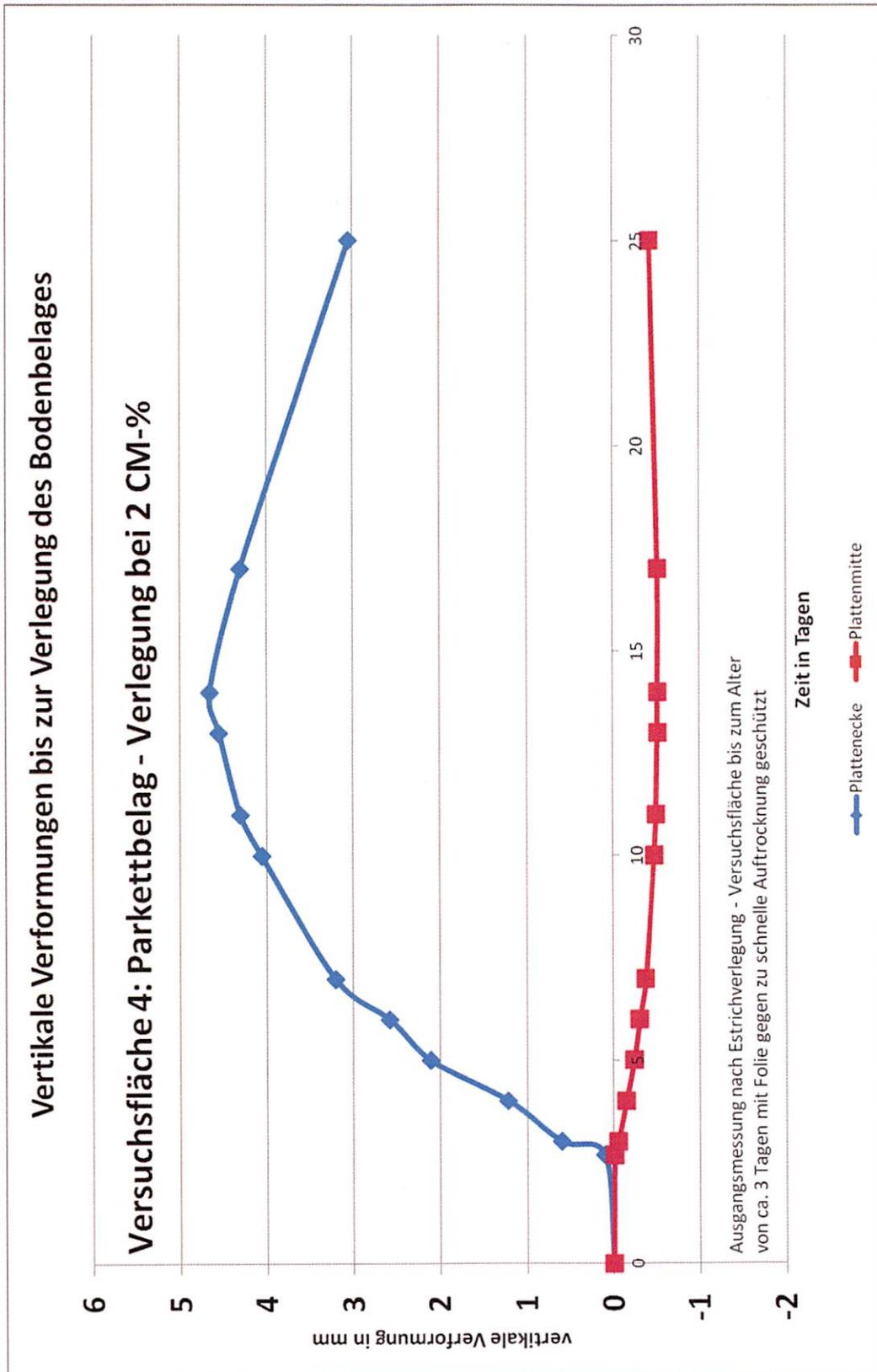
Skizze 5: Versuchsfläche 3 - vertikale Verformungen nach der Belagsverlegung



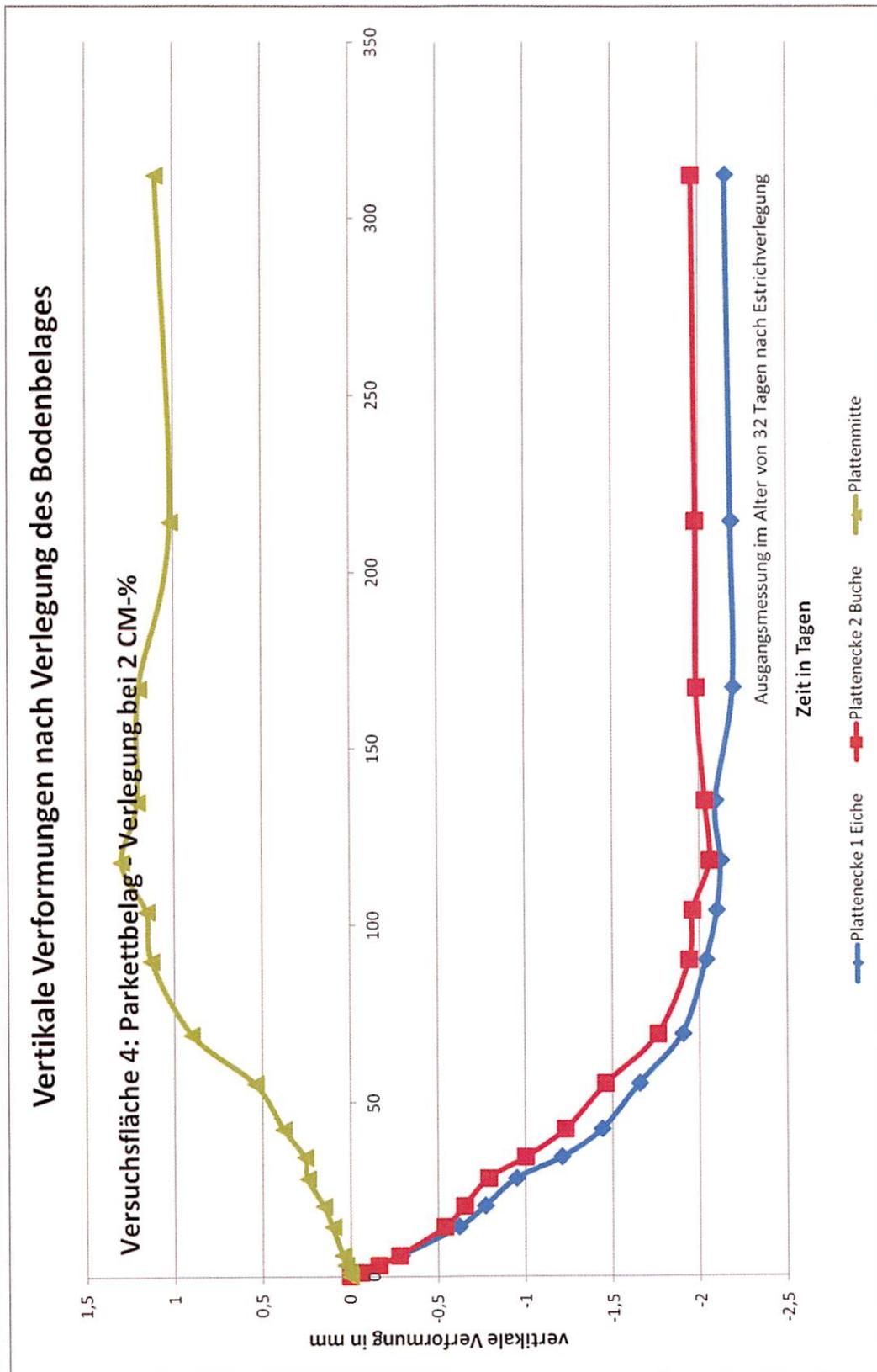
Skizze 6: Versuchsfläche 2 - vertikale Verformungen bis zur Belagsverlegung



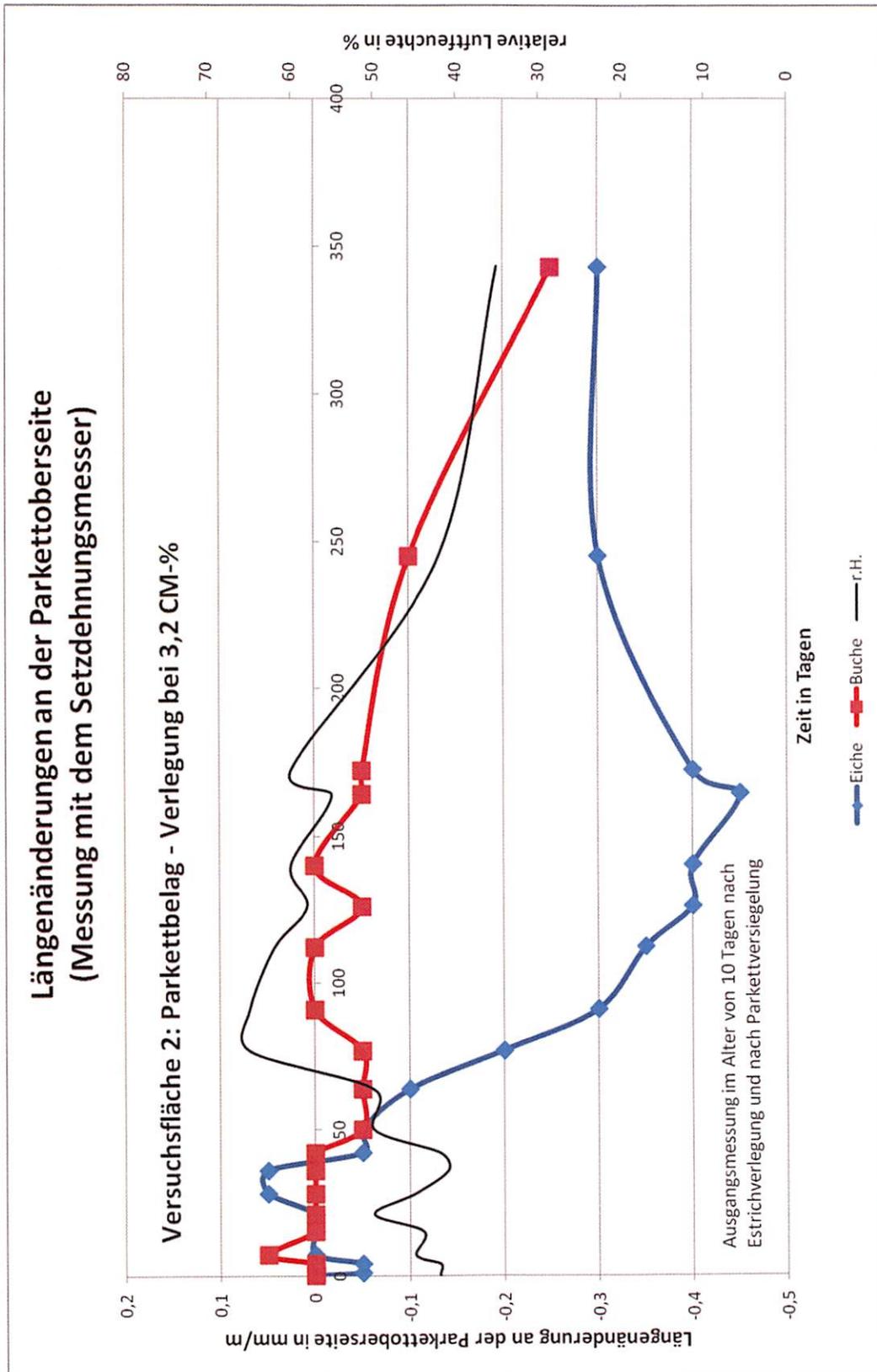
Skizze 7: Versuchsfläche 2 - vertikale Verformungen nach der Belagsverlegung



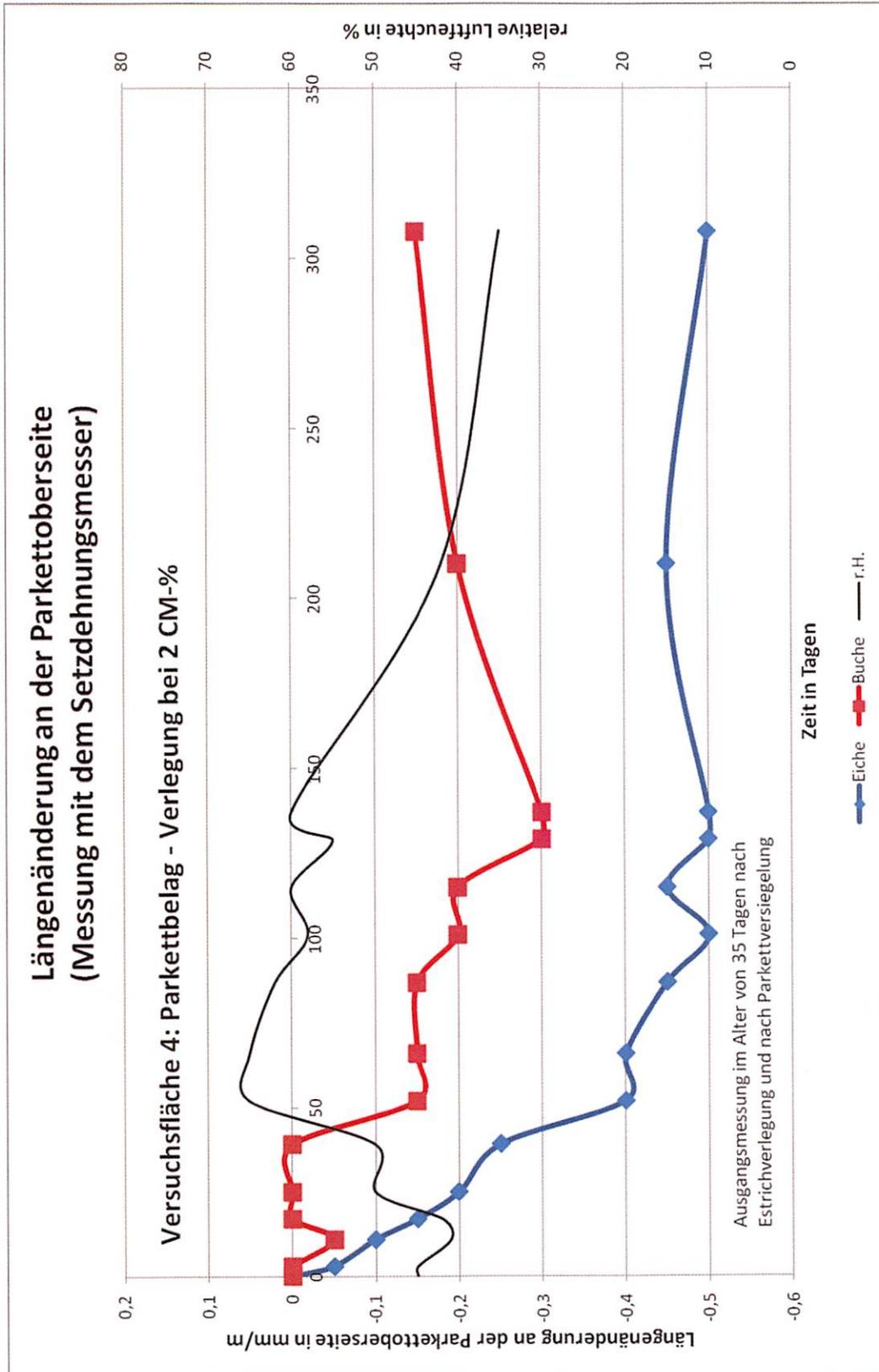
Skizze 8: Versuchsfläche 4- vertikale Verformungen bis zur Belagsverlegung



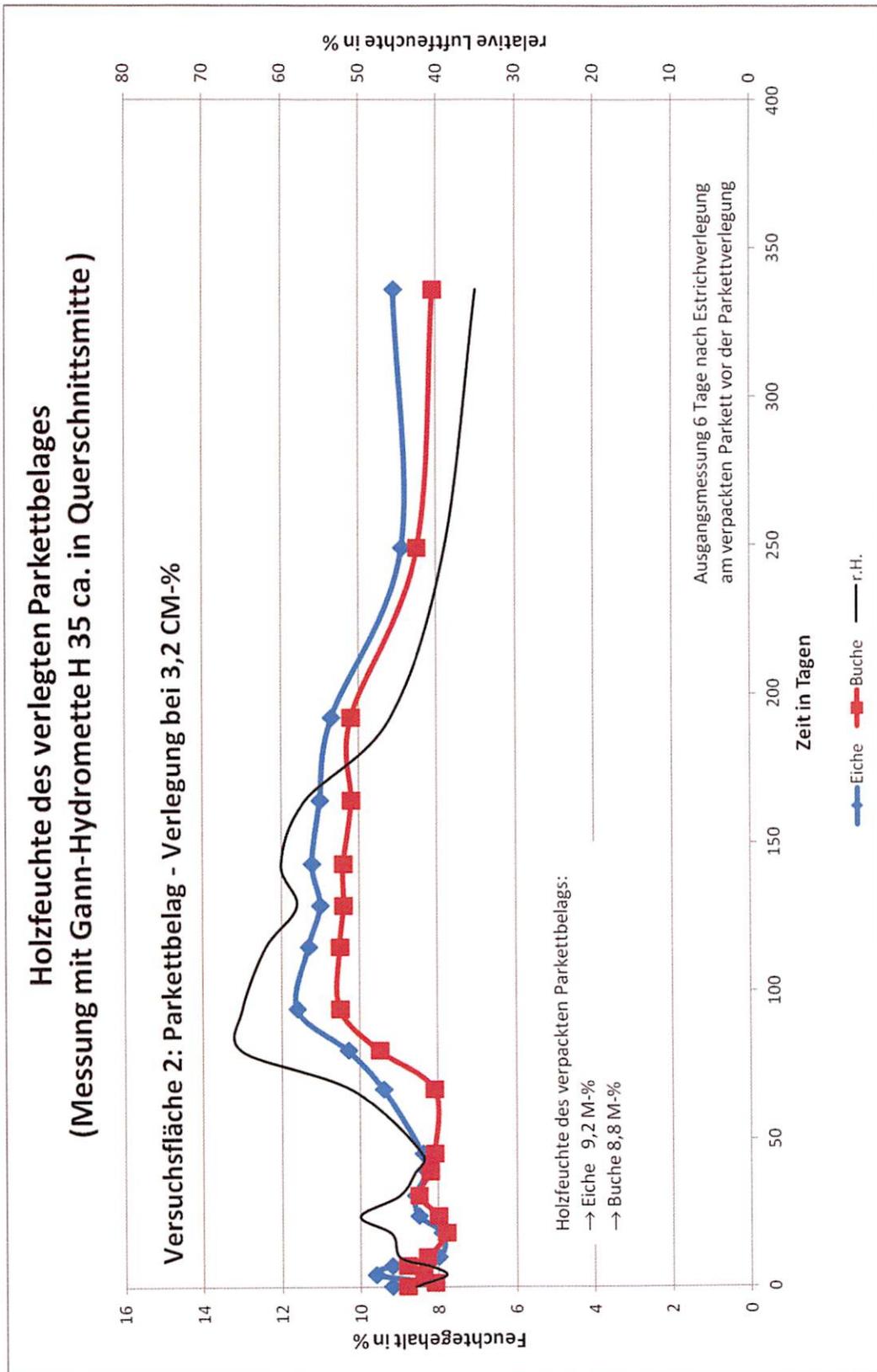
Skizze 9: Versuchsfläche 4 - vertikale Verformungen nach der Belagsverlegung



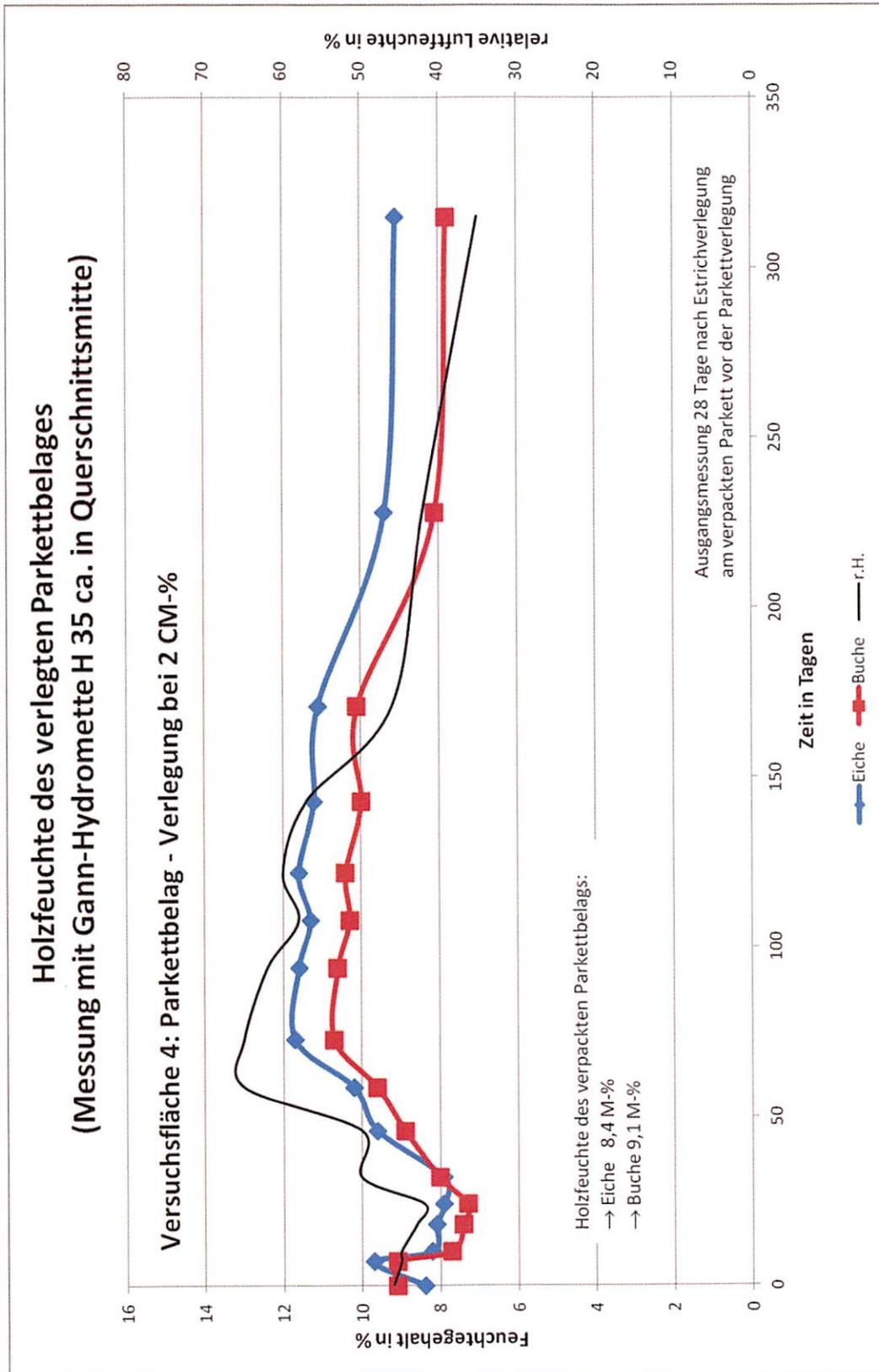
Skizze 10: Versuchsfläche 2 - horizontale Längenänderungen Parkettoberseite



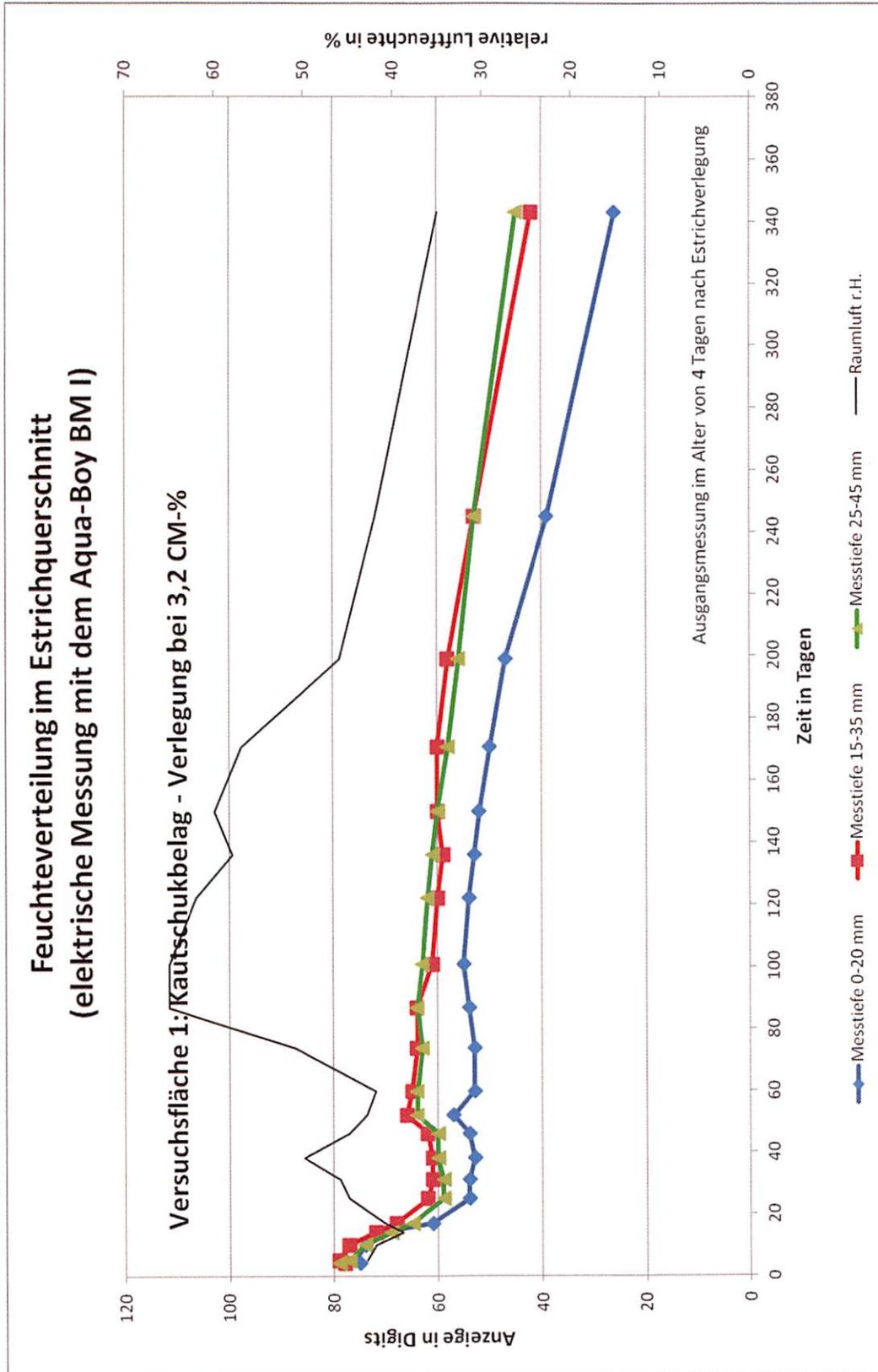
Skizze 11: Versuchsfläche 4 - horizontale Längenänderungen Parkettoberseite



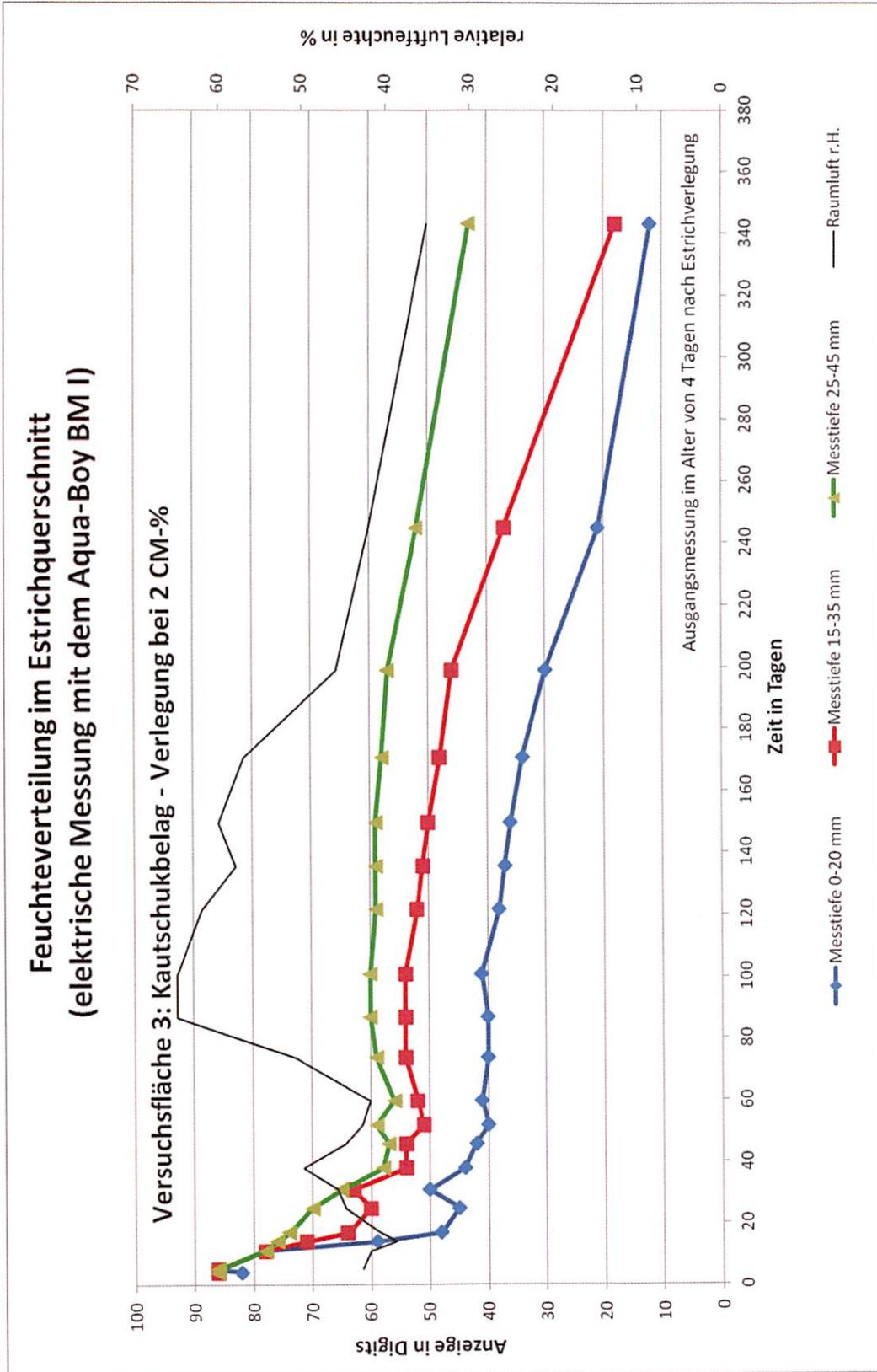
Skizze 12: Versuchsfläche 2 - Holzfeuchte (elektrisch gemessen)



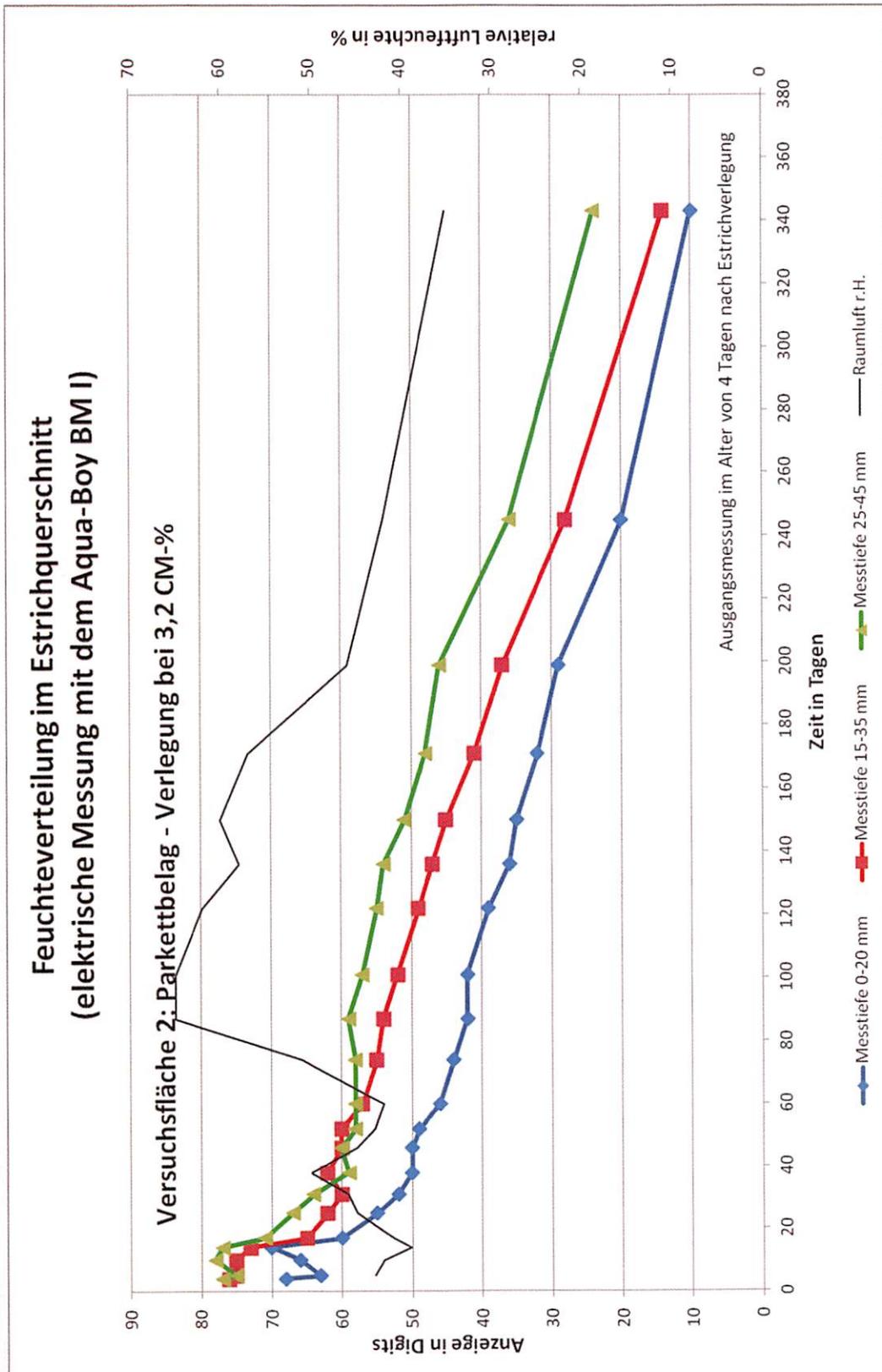
Skizze 13: Versuchsfläche 4 - Holzfeuchte (elektrisch gemessen)



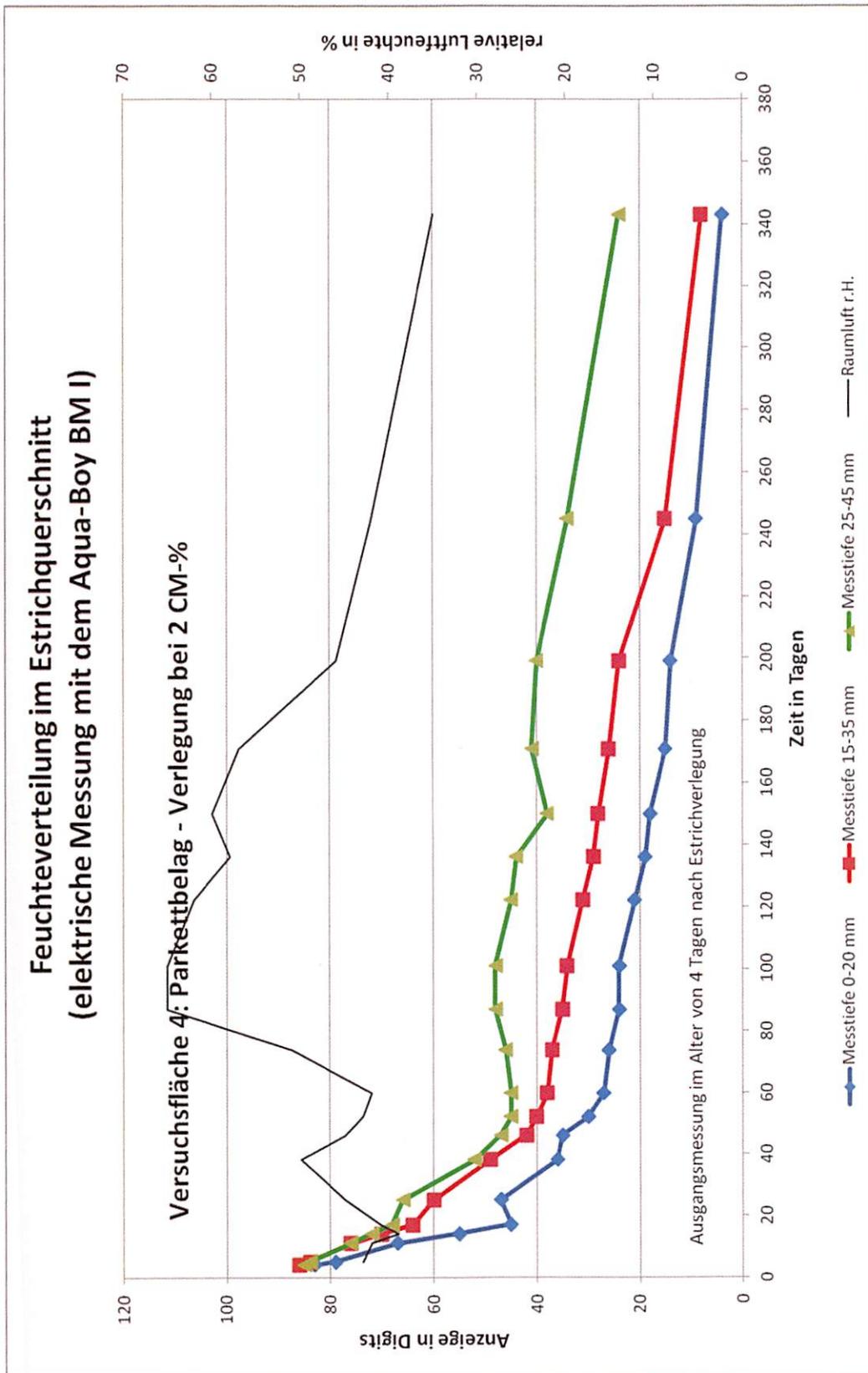
Skizze 14: Versuchsfläche 1 - Estrichfeuchte (elektrisch gemessen)



Skizze 15: Versuchsfläche 3 - Estrichfeuchte (elektrisch gemessen)



Skizze 16: Versuchsfläche 2 - Estrichfeuchte (elektrisch gemessen)



Skizze 17: Versuchsfläche 4 - Estrichfeuchte (elektrisch gemessen)