

**Wasseraufnahme von Perimeter-
dämmung aus EPS-Vergleich der
Prüfverfahren nach Zulassung
bis 2003 und EN 13163**

T 3254

T 3254

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2011

ISBN 978-3-8167-8477-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

WASSERAUFNAHME VON PERIMETERDÄMMUNG AUS EPS - VERGLEICH DER PRÜFVERFAHREN NACH ZULASSUNG BIS 2003 UND EN 13163

- Schlussbericht -

Forschende Stelle: **Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München**
Lochhamer Schlag 4
82166 Gräfelfing

Geschäftsführer: Dr. rer. nat. Roland Gellert

Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) Claus Karrer

Geschäftszeichen: ZP 52-5-5.77-1193/05

Das Forschungsvorhaben wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin,
gefördert

Gräfelfing, 11. Juni 2007

Dieser Bericht besteht aus 23 Seiten, 2 Anlagen

VORWORT

Das vorliegende Forschungsvorhaben diene zur technischen Absicherung von bauaufsichtlichen Regelungen und zur Feststellung der Leistungsfähigkeit von Wärmedämmstoffen aus expandiertem Polystyrol (EPS) als Perimeterdämmung mit den Maßstäben der neuen Europäischen Dämmstoffnormen im Interesse der Bauaufsicht und den Herstellern von EPS-Dämmstoffen. Es zeigt ein gutes Beispiel der gemeinschaftlichen Forschung von oberster Bauaufsicht, Dämmstoffindustrie und Forschungsstelle.

Der Dank des FIW München gilt den im folgenden genannten Institutionen für die Finanzierung dieses Forschungsvorhabens, sowie den Labor-Mitarbeitern des FIW München für den engagierten und tatkräftigen Einsatz bei der Durchführung.

Das Forschungsvorhaben wurde zu folgenden Anteilen finanziert durch:

Zu 1/3 durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), 10829 Berlin;

Zu 1/2 durch Hersteller von Wärmedämmstoffen aus expandiertem Polystyrol (EPS),
speziell durch:

- Dieckhoff GmbH, 47445 Moers
- Isobouw Dämmtechnik GmbH, 74232 Abstatt
- Karl Bachl GmbH & Co.KG, 94133 Röhrnbach
- Knauf Dämmstoffe GmbH , 59329 Wadersloh
- Philippine GmbH & Co. Dämmstoffsysteme, 44805 Bochum-Gerthe
- Prima Bau & Dämmsysteme GmbH & Co. KG, 3332 Gleiss / Österr.
- Rygol Dämmstoffe Werner Rygol KG, 93351 Painten
- Schwenk Dämmtechnik GmbH & Co. KG, 86899 Landsberg
- Steinbacher Dämmstoff Ges.m.b.H., 6383 Erpfendorf/Tirol / Österreich
- Swisspor Deutschland GmbH, 06493 Dankerode
- Unidek Deutschland GmbH NL Bretten, 33803 Steinhagen
- Wilhelm Brohlburg Kunststoff- und Kaschierwerke, 56626 Andernach
- WKI Isoliertechnik GmbH, 13088 Berlin

Zu 1/6 durch Eigenmittel des Forschungsinstituts für Wärmeschutz e.V.
München, 82166 Gräfelfing

GLIEDERUNG

1. AUSGANGSSITUATION

2. AUFGABENSTELLUNG

3. UNTERSUCHUNGEN UND AUSWERTUNG

3.1. Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen

3.1.1 Prüfergebnisse der Wasseraufnahme bei langzeitigem, völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und nach Zulassung bis 2003

3.1.2 Direkter Vergleich der Wasseraufnahme bei langzeitigem, völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und nach Zulassung bis 2003

3.1.3 Verteilung der Feuchtigkeit

3.1.4 Einfluss des Abtropfens vor dem Wiegen nach der Wasserlagerung

3.1.5 Einfluss der Oberfläche

3.2. Wasseraufnahme durch Diffusion

3.3. Verhalten bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

3.3.1 Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechselversuch

3.3.2 Druckversuch nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

4. ZUSAMMENFASSUNG

5. NORMEN UND PRÜFANWEISUNGEN

1. AUSGANGSSITUATION:

Seit 1991 werden Dämmstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) in Deutschland als außenliegende und erdberührende Wärmedämmstoffe für Gebäudeteile, die sich bis 3 Meter bzw. bis 6 Meter unter der Geländeoberkante befinden (Perimeterdämmung), bauaufsichtlich zugelassen. Zum Nachweis der wärmetechnischen und mechanischen Tauglichkeit wurden bis Ende 2003 die Anforderung der Anwendungstypen WD und WS nach der damals geltenden DIN 18164-1 gestellt. Als feuchtetechnischer Eignungsnachweis wurden in der Anlage 1 zu den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen drei Versuche zur Bestimmung der Wasseraufnahme definiert:

1. Wasseraufnahme durch Unterwasserlagerung bei Temperaturwechsel
2. Wasseraufnahme durch Diffusion
3. Frost-Tau-Wechselversuch mit anschließendem Druckversuch

Die in den Zulassungen festgelegten Grenzwerte der Wasseraufnahme und des Abfalls der Druckspannung nach dem Frost-Tau-Wechselversuch mussten bei regelmäßigen Überwachungsprüfung durch eine bauaufsichtlich zugelassene Prüfstelle eingehalten werden.

Durch Prüfung von Perimeterdämmstoffen aus EPS die von ausgeführten Objekten nach mehrjähriger Nutzung entnommen wurden, konnte sichergestellt werden, dass Dämmstoffe die die Anforderungen der Zulassungen erfüllten auch dauerhaft für diese Anwendung geeignet waren.

Seit Ende der Koexistenzphase und der damit verbindlichen Einführung der harmonisierten europäischen Dämmstoffnormen zum 31.12.2003 werden allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Wärmedämmstoffe stets in Bezug auf die entsprechende europäische Produktnorm formuliert.

Die für EPS zutreffende Norm DIN EN 13163 (Wärmedämmstoffe für Gebäude – werkmäßig hergestellte Produkte aus EPS) nimmt bei den Prüfverfahren zur Wasseraufnahme Bezug auf europäische Prüfnormen, die sich jedoch teilweise erheblich von den Prüfungen nach Anlage 1 zu den Zulassungen für Perimeterdämmung unterscheiden.

2. AUFGABENSTELLUNG:

An zugelassenen Perimeterdämmstoffen aus EPS sollten die Eigenschaften der Wasseraufnahme nach den Anforderungen der DIN EN 13163 und der Prüfbeschreibung der Anlage 1 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geprüft werden. Es sollte dadurch eine Vergleichbarkeit der Prüfmethode bzw. eine Abhängigkeit der Prüfverfahren untereinander gefunden werden. Bei den Vergleichsprüfungen wurden EPS-Wärmedämmstoffe als Automatenware und Blockware in verschiedenen Rohdichtebereichen und unter Berücksichtigung möglichst vieler Herstellwerke und Rohstoffsorten untersucht.

Die Forschungsergebnisse sollen der Bauaufsicht als Grundlage zur Festlegung von Grenzwerten in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Wärmedämmstoffe aus EPS als Perimeterdämmung dienen.

Herstellern von Wärmedämmstoffen aus EPS soll eine Marktübersicht von Perimeterdämmstoffen erstellt werden, aus der unter Umständen ein Verbesserungspotential der Qualität der eigenen Produkte ersichtlich wird. Die vom FIW München als zugelassene Stelle durchgeführten Prüfungen der Wasseraufnahme können als Erstprüfungen (ITT – Initial Type Test) im Sinne der DIN EN 13163 Abschnitt ZA.2.2 verwendet werden.

3. UNTERSUCHUNGEN UND AUSWERTUNG:

Vom FIW München werden derzeit etwa 18 Herstellwerke für Block- oder Automatenware als Perimeterdämmstoffe aus EPS in verschiedenen Rohdichten nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen überwacht. Aus der Produktion bzw. dem Lager der Werke werden regelmäßig Proben von Mitarbeitern der bauaufsichtlich anerkannten Überwachungsstelle entnommen. Neben den durch die Fremdüberwachung erforderlichen Untersuchungen sollten im Rahmen des Forschungsvorhabens an ausgewählten Produkten weitere Prüfungen der Wasseraufnahme durchgeführt werden. Bei EPS-Dämmstoffen nach „alten“, vor 2004 ausgestellten Zulassungen wurden zusätzlich die Anforderungen der DIN EN 13163 berücksichtigt. Überwachungsergebnisse nach Zulassungen die bereits auf der Basis der DIN EN 13163 verfasst oder umgestellt wurden, wurden durch die ursprünglichen Zulassungsprüfungen der Wasseraufnahme ergänzt. Der Frost- Tau- Wechselversuch nach Unterwasserlagerung wurde zusätzlich auch an Dämmstoffen größerer Nennstärke geprüft, da im Rahmen der Fremdüberwachung derzeit nur die Prüfung von kleineren Nennstärken vorgesehen ist.

Für das Forschungsvorhaben wurden überwiegend zulassungskonforme Perimeterdämmstoffe verwendet, die im Rahmen der Fremdüberwachung entnommen wurden. Um das Spektrum zu erweitern, wurden auch Produkte berücksichtigt, die aufgrund ihrer Rohdichte, Nenndicke oder Rohstoffe von den Zulassungen abweichen und speziell für die Entnahmen gefertigt wurden.

Die Auswahl der Forschungsprüfungen wurde in Absprache mit den Hersteller getroffen, die das Forschungsvorhaben mitfinanzierten, wobei auf ein ausgewogenes Verhältnis der verschiedenen Produktionsarten und Rohdichtetypen geachtet wurde.

Im Anhang 1 zu diesem Bericht sind in den Tabellen 1 bis 3 alle Prüfergebnisse der Wasseraufnahme und der Druckspannung vor und nach dem Frost-Tau-Wechselversuch mit der jeweiligen Nenndicke und Rohdichte mit codierten Herstellern und Rohstofftypen zusammengefasst. Dabei zeigt Tabelle 1 Perimeterdämmstoffe aus EPS als Automatenware, die für die Anwendung bis zu einer Einbautiefe von 3 Meter unter der Geländeoberkante zugelassen wurden, während sich Tabelle 2 auf Automatenware bis 6 Meter Einbautiefe bezieht. In Tabelle 3 sind EPS-Dämmstoffe aus Blockware für 3 und 6 Meter Anwendungstiefe dargestellt.

In den folgenden Teilabschnitten werden von den drei Grundtypen von feuchtetechnischen Prüfungen die Unterschiede zwischen den „alten“ Prüfverfahren nach der Anlage 1 der ursprünglichen Zulassungen und den Anforderungen der DIN EN 13163 beschrieben und die Prüfergebnisse graphisch dargestellt. Die in den folgenden Abschnitten behandelten Abbildungen 1 bis 30 sind im Anhang 2 zu diesem Bericht zusammengefasst.

Ursprünglich sollte eine Auswertung der Untersuchungen in Bezug auf die verwendeten Rohstoffsorten erfolgen. Da bei der Entnahme der Perimeterdämmstoffe von den Herstellern 13 verschiedene Rohstoffe genannt wurden und somit nur wenige Produkte auf eine Rohstoffsorte entfallen, konnte, auch wegen der großen Streuung der Ergebnisse, keine Bewertung hinsichtlich des Rohstoffes getroffen werden.

3.1. WASSERAUFNAHME BEI VÖLLEM EINTAUCHEN

Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen wurde in früheren allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für EPS als Perimeterdämmung in der Anlage 1 Versuch 2 (Untertauchversuch mit Temperaturwechsel) beschrieben (im Folgenden aufgrund des Temperaturwechsels auch 20/40°C). In der DIN EN 13163, die als Grundlage aktueller Zulassungen zu verwenden ist, wird in Abschnitt 4.3.9.1 auf die Prüfnorm DIN EN 12087 „Bestimmung der Wasseraufnahme bei langfristigem Eintauchen“ verwiesen, wobei grundsätzlich gefordert wird, dass die Wasseraufnahme bei langfristigem, teilweisem Eintauchen nicht größer 0,5 kg/m² sein darf.

Während in früheren Zulassungen der Grenzwert der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen individuell geregelt werden konnte, muss nun auf die in der DIN EN 13163 festgelegten Stufen WL(T)1, WL(T)2, WL(T)3 oder WL(T)5 Bezug genommen werden.

Der Tabelle 13 der DIN EN 13163 ist zu entnehmen, das die Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach dem Prüfverfahren 2A (abtropfen) zu bestimmen ist. In der Tabelle 4 sind die Unterschiede zwischen diesem Verfahren und der Anlage 1 Versuch 2 nach Zulassung zusammengestellt.

Unterschiede in den Prüfbedingungen bei völligem Eintauchen		
Prüfbedingung	Allg. bauaufs. Zulassungen Anlage 1 Versuch 2 (20/40°C)	DIN EN 12087-2A DIN EN 13163 Tabelle 13
Abmessungen der Probekörper	300 mm x 300 mm x Dicke	200 mm x 200 mm x Dicke
Wassertemperatur	Temperaturwechsel zwischen 20 °C und 40 °C alle 12 Stunden	(23 ± 5) °C ohne Temperaturwechsel
Probenbehandlung vor dem Wiegen nach Wasserlagerung	Abtupfen der Oberfläche; sofort wiegen	10 min abtropfen; danach wiegen
Unveränderte Prüfbedingungen bei völligem Eintauchen		
Prüfdauer	28 Tage	
Lagerung	etwa 40 mm unter Wasserspiegel bei 20/40°C und (50 ± 2)mm unter Wasserspiegel bei EN 12087-2A; In der Praxis keine Auswirkung auf das Prüfergebnis	
Anzahl der Probekörper	3 (jedoch 6 als Vorversuch zum F/T-Wechsel DIN EN 12091)	

Tabelle 4: Unterschiede und Gemeinsamkeiten der in älteren Zulassungen beschriebenen Prüf-
methode (Anlage 1 Versuch 2) zur Bestimmung der Wasseraufnahme bei völligem
Eintauchen und der DIN EN 12087 Prüfverfahren 2A

Durch die Verkleinerung der Probekörper beim Verfahren nach DIN EN 12087-2A entsteht ein ungünstigeres Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen. Unter der Annahme, dass sich bei der Bestimmung der Wasseraufnahme durch langzeitiges, völliges Eintauchen die Feuchtigkeit vorwiegend nahe der Oberfläche anreichert, ist beim Versuch nach DIN EN 12087 mit höheren Messwerten zu rechnen. Der Wegfall des Temperaturwechsels könnte sich jedoch positiv auswirken.

3.1.1 PRÜFERGEBNISSE DER WASSERAUFNAHME BEI LANGZEITIGEM, VÖLLIGEM EINTAU- CHEN NACH DIN EN 12087-2A UND NACH ZULASSUNG BIS 2003

Zunächst wurden die in den Tabellen 1-3 aufgeführten Messwerte der Wasseraufnahme bei langzeitigem, völligem Eintauchen in den Abbildungen 1 und 2 in Abhängigkeit von der Nenndicke der Perimeterdämmstoffe aus EPS dargestellt. In der Legende der Graphiken sind folgende vier Produktgruppen den Symbolen zugeordnet: Automatenware, als Perimeterdämmung bis 3 Meter und bis 6 Meter Einbautiefe unterhalb der Geländeoberkante und Blockware bis 3 Meter und bis 6 Meter Einbautiefe.

Abbildung 1 zeigt, dass alle Messwerte der Wasseraufnahme im Untertauchversuch nach Zulassung (20/40°C) den Grenzwerten der Zulassungen genügen, jedoch einige Ergebnisse der Wasseraufnahme bei jedem Produkttyp und bei verschiedenen Dicken größer 5 Volumen-% sind. Beim Versuch nach DIN EN 12087-2A in Abbildung 2 sind alle Prüfergebnisse kleiner 5 Volumen-% und erfüllen damit die Anforderungen der Stufe WL(T)5 der DIN EN 13163 und aktueller Zulassungen. Nur fünf Messwerte der umfangreich geprüften Automatenware erreichen nicht die Stufe WL(T)3.

Die steigenden, linearen Regressionsgeraden für Automatenware, die in den Abbildungen 1 und 2 als schwarze Linien eingezeichnet wurden, deuten auf eine Dickenabhängigkeit der Wasseraufnahme hin. Bei Automatenware ist somit tendenziell bei steigender Dicke mit einer höheren Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen, unabhängig vom Prüfverfahren zu rechnen. Die Diagrammpunkte zeigen jedoch eine starke Streuung. Bei Blockware ist eine Dickenabhängigkeit nicht festzustellen.

In den Abbildungen 3 und 4 ist die Wasseraufnahme bei langzeitigem, völligem Eintauchen über der Rohdichte aufgetragen. Aufgrund der ausgeprägten Streuung der Messwerte ist eine eindeutige Abhängigkeit nicht sofort erkennbar. Die für Automatenware eingezeichneten Regressionsgeraden sind bei beiden Prüfverfahren jedoch deutlich ansteigend. Damit ist tendenziell für Automatenware mit geringer Rohdichte eine günstigere Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen zu erwarten, als mit hohen Rohdichten. Die besten Prüfergebnisse wurden entsprechend für Rohdichten von 27 kg/m³ bis 33 kg/m³ erzielt. Diese Produkte wurden jedoch teilweise speziell für das Forschungsvorhaben erstellt. Die Feuchtezunahme von Blockware liegt im Mittel etwas höher als bei Automatenware, wobei Automatenware eine noch größere Streuung aufweist.

3.1.2 DIREKTER VERGLEICH DER WASSERAUFNAHME BEI LANGZEITIGEM, VÖLLIGEM EINTAUCHEN NACH DIN EN 12087-2A UND NACH ZULASSUNG BIS 2003

Wie in den Tabellen 1 bis 3 ersichtlich, wurden an vielen ausgesuchten EPS-Perimeterdämmstoffen die Prüfung der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach beiden Prüfverfahren durchgeführt. In Abbildung 5 wurden die Prüfergebnisse nach DIN EN 12087-2A über der Wasseraufnahme bei dem 20/40°C –Verfahren älterer Zulassung aufgetragen. Da sich alle Diagrammpunkte auf oder rechts bzw. unterhalb der das Diagramm diagonal teilenden 1:1-Linie befinden, liefert die DIN EN 12087-2A grundsätzlich gleiche oder kleinere Prüfergebnisse der Wasseraufnahme als das 20/40°C-Verfahren.

Der Quotient der Prüfergebnisse der beiden Verfahren zur Bestimmung der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A / 20/40°C) ist in der Abbildung 6 über die Dicke und in Abbildung 7 über die Rohdichte der EPS-Dämmstoffe aufgetragen. Nur drei der Diagrammpunkte liegen zwischen 0,8 und 1, während 90 % der Diagrammpunkte zwischen 0,1 und 0,8 zu finden sind.

Damit wurden bei der überwiegenden Anzahl der untersuchten Produkte beim Versuch nach DIN EN 12087-2A nur die 0,1 bis 0,8-fache Wasseraufnahme festgestellt wie beim 20/40°C-Versuch. Die sehr große Streuung erscheint bei kleinen Dicken zwischen 40 mm und 60 mm besonders ausgeprägt, während große Dicken (bei 1 Abweichung mit sehr hoher Wasseraufnahme bei 20/40 °C) eine konstantere Abhängigkeit vermuten lassen (Abbildung 6). Eine Abhängigkeit des Verhältnisses der beiden Wasseraufnahmeprüfungen von der Rohdichte konnte in Abbildung 7 nicht erkannt werden.

In Abbildung 8 ist der bereits verwendete Quotient aus Wasseraufnahme nach DIN EN12087-2A und 20/40°C-Verfahren in Abhängigkeit vom Prüfergebnis nach DIN EN 12087-2A dargestellt. Tendenziell zeigen Produkte mit geringer Wasseraufnahme nach DIN EN 12087-2A einen kleineren Quotienten, während bei hohen Messwerten die Abweichung der beiden Verfahren kleiner zu werden scheint. Die Darstellung des Quotienten über der Wasseraufnahme beim 20/40°C-Versuch, die zur Vervollständigung in Abbildung 9 aufgezeigt ist, bringt dazu keine neuen Erkenntnisse.

3.1.3 VERTEILUNG DER FEUCHTIGKEIT

Zunächst wurde die Verteilung der Feuchtigkeit in den Probekörpern nach DIN EN 12087-2A und beim 20/40°C-Versuch untersucht. Dazu wurden von zwei Probekörpern nach der Unterwasserlagerung und nach der Bestimmung der Masse, von jeder der sechs Oberflächen eine Schicht mit einer Bandsäge abgetrennt, gekennzeichnet und gewogen. Dieser Vorgang hat äußerst schnell zu erfolgen, da vor allem bei Probekörpern mit hoher Wasseraufnahme nach dem Sägen Wasser aus den Schnittstellen austritt. Die Bezeichnung erfolgte nach der Lage der Schicht im Probekörper und der Nummer der Schicht. Die Schichtdicke wurde in Abhängigkeit von der Dicke der Perimeterdämmplatte zwischen 8 mm und 15 mm gewählt. Anschließend wurde eine zweite Schicht abgesägt und gewogen. Die erstellten Schichten und der verbleibende Kern wurde bei 70 °C bis zur Massenkonstanz getrocknet. Der im Anschluss errechnete Feuchtegehalt der Schichten ist in Tabelle 5 mit dem entsprechenden Prüfergebnis nach DIN EN 12087-2A bzw. in Tabelle 6 mit den Messwerten des 20/40°C -Versuches nach alter Zulassung dargestellt. Für diese Versuche wurden bewusst überwiegend Produkte mit außergewöhnlich hoher Wasseraufnahme ausgewählt.

Produkt- typ	Dicke mm	Roh- dichte kg/m³	Prüf- ergebnis Vol.-%	Wasseraufnahme nach DIN EN 12087-2A der EPS-Schichten								
				Schicht- dicke mm	Oben		Unten		4 Seiten		Kern Vol.-%	
					O1 Vol.-%	O2 Vol.-%	U1 Vol.-%	U2 Vol.-%	S1 Vol.-%	S2 Vol.-%		
Auto 3m	50	30	4,7	8	2,1	3,4	3,5	4,3	4,2	4,0	4,6	
Auto 3m	200	37	3,3	15	0,5	0,3	3,0	3,1	3,3	2,9	3,5	
Auto 3m	200	36	4,5	15	0,5	0,3	3,9	4,9	4,2	4,0	4,5	
Auto 6m	60	42	0,6	10	0,3	0,4	0,2	0,2	1,3	0,3	0,5	
Auto 6m	60*	41	0,7	10	2,0*	0,1	0,6	0,2	1,2	0,3	0,3	
Auto 6m	200	38	6,2	15	1,5	0,8	5,6	6,5	5,6	5,8	6,0	
Auto 6m	200	41	3,5	15	2,4	2,8	2,5	3,1	3,2	3,2	3,4	
Block3m	200	25	4,1	15	1,8	1,6	3,2	3,4	2,7	3,0	4,0	
Block6m	200	34	6,7	15	3,8	3,4	5,6	6,0	5,6	5,0	5,7	

*mit Drainagerillen als Profilierung auf der Oberseite

Tabelle 5: Untersuchungen der Wasserverteilung in einem Probekörpers nach DIN EN 12087-2A durch Bestimmung des Feuchtegehaltes einer äußeren Schicht (O1, U1, 4 Seitenschichten S1), einer 2. Schicht (O2, U2, 4 x S2) und des verbleibenden Kerns durch trocknen.

Produkt- typ	Dicke mm	Roh- dichte kg/m³	Prüf- ergebnis Vol.-%	Wasseraufnahme beim 20/40°C-Versuch der EPS-Schichten								
				Schicht- dicke mm	Oben		Unten		4 Seiten		Kern Vol.-%	
					O1 Vol.-%	O2 Vol.-%	U1 Vol.-%	U2 Vol.-%	S1 Vol.-%	S2 Vol.-%		
Auto 3m	120	31	3,3	15	2,4	2,8	2,5	3,1	3,2	3,2	3,4	
Auto 6m	140	38	1,7	15	0,5	1,0	1,9	1,8	2,6	1,8	1,3	

Tabelle 6: Untersuchungen der Wasserverteilung in einem Probekörpers nach dem 20/40°C-Versuch durch Bestimmung des Feuchtegehaltes einer äußeren Schicht (O1, U1, 4 Seitenschichten S1), einer 2. Schicht (O2, U2, 4 x S2) und des verbleibenden Kerns durch Trocknen.

Es ist zu erkennen, dass vor allem bei Produkten die insgesamt eine hohe Wasseraufnahme zeigen, der Feuchtegehalt des Kerns ähnlich groß dem Prüfergebnis des entsprechenden Prüfverfahrens ist. Durch den beschriebenen Wasseraustritt aus der Schnittstelle, ist vor allem bei dünnen Schichten mit hohem Wassergehalt von einem nicht zu vernachlässigen Messfehler auszugehen, der den Feuchtegehalt der Schichten zu gering darstellt. Jedoch ist bei Automatenware mit niedrigen Prüfergebnissen der Wasseraufnahme für die Gesamtprobe ein deutlich erhöhter Wert bei den äußeren Schichten der Seitenflächen (S1) gegenüber dem Kern zu erkennen.

Bei Automatenware zeigen die Schichten U1 und O1 unmittelbar an den verdichteten und in der Regel gut verschweißten Oberflächen meistens einen geringeren Feuchtegehalt als der Kernbereich. Die Ausprägung dieser Feuchteschichtung über die Dicke ist jedoch sehr unterschiedlich. Der mit einem Stern (*) gekennzeichnete, deutlich erhöhte Wert an der Oberflächenschicht O1 ist auf eine stark profilierte Oberfläche mit Drainagerillen zurückzuführen.

Neben der Verteilung der Feuchtigkeit in den Probekörpern bei langzeitigem, vollständigem Eintauchen ist auch die Verteilung der Feuchtigkeit in den Dämmstoffplatten selbst von Interesse. Einen Einblick dafür bietet die Streuung der Einzelwerte von 6 Probekörpern, die bei einem Wasseraufnahmeversuch nach DIN EN 12087-2A aus einer Platte gesägt wurden. In den meisten Fällen weichen die Einzelwerte der sechs Probekörper, die in der Regel aus einer Dämmplatte mittlerer Rohdichte geschnitten werden, um kaum mehr als 20 % vom Mittelwert ab. Tabelle 7 zeigt das gute, aber stark streuende Ergebnis der Wasseraufnahmeprüfung bei langzeitigem, völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A eines Blockschaumes aus EPS für die Anwendung als Perimeterdämmung. Derart große Abweichungen vom Mittelwert treten jedoch nur selten bei Block- oder Automatenware auf und deuten auf Inhomogenitäten bei der Herstellung hin. Bemerkenswert dabei ist die ebenfalls starke Streuung der Rohdichte, wobei der Probekörper mit der höchsten Rohdichte auch die größte Wasseraufnahme zeigt.

Probe	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Wasseraufnahme nach 28 Tagen Vol.-%
1	39,8	34,1	4,5
2	39,6	32,5	1,5
3	40,1	30,9	0,9
4	40,0	33,9	2,6
5	39,5	32,3	0,4
6	40,1	30,9	0,8
Mittel	40	32	1,8

Tabelle 7:

Ergebnis der Wasseraufnahmeprüfung bei langzeitigem, völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A eines Blockschaumes aus EPS für die Anwendung als Perimeterdämmung mit großer Streuung bei der Rohdichte und der Wasseraufnahme

3.1.4 EINFLUSS DES ABTROPFENS VOR DEM WIEGEN NACH DER WASSERLAGERUNG

Bereits in Kapitel 3.1 Tabelle 4 wurde darauf hingewiesen, dass die Behandlung der Probekörper vor dem Wiegen nach der Wasserlagerung große Unterschiede in den beiden betrachteten Prüfverfahren aufweist. Während der Untertauchversuch mit Temperaturwechsel 20/40°C nach alten Zulassungen das Abtupfen der Oberfläche verlangt, ist nach DIN EN 12087 Prüfverfahren 2A eine Abtropfzeit von 10 Minuten vorgesehen, indem die Probekörper senkrecht auf eine um 45° geneigte Oberfläche gelegt wird (siehe DIN EN 12087 Bild 4).

Um den Einfluss dieser abweichenden Probenbehandlung festzustellen, wurde bei vielen 20/40°C-Prüfungen zunächst die Masse nach Unterwasserlagerung nach Abtupfen der Oberfläche entsprechend der Anlage 1 alter Zulassungen bestimmt, und anschließend die Probekörper nach einer Abtropfzeit von 10 Minuten (nach DIN EN 12087 Bild 4) erneut gewogen. In den Tabellen 1 bis 3 ist in der Spalte 20/40°C das Prüfergebnis und rechts daneben in Klammern der Messwert nach Abtropfen genannt.

Abbildung 10 und 11 zeigen den Quotient aus dem Prüfergebnis des 20/40°C-Versuchs mit Abtupfen der Oberfläche und dem Messwert nach 10-minütigem Abtropfen über der Dicke bzw. der Rohdichte. Der Mittelwert aller Diagrammpunkte, die sich überwiegend im Bereich zwischen 0,8 und 0,97 befinden, beträgt 0,86. Dies bedeutet, dass die Wasseraufnahme nach Abtropfen im Mittel 14 % geringer ausfällt als nach der Prüfvorschrift nach Anlage 1, älterer Zulassungen. Eine Abhängigkeit von der Dicke oder Rohdichte konnte nicht festgestellt werden.

Ergänzend wurde in Abbildung 12 der Quotient über das Prüfergebnis des 20/40°C-Versuches aufgetragen. Mit Ausnahme eines Wertes bei äußerst geringer Wasseraufnahme ist bei allen Produkten mit einer Wasseraufnahme kleiner 3 Vol.-% der Quotient größer gleich 0,88. Die Abweichung beträgt in diesem Bereich maximal 12 %. Bei Blockware zeigt das 10-minütige Abtropfen tendenziell einen größeren Einfluss. Der Mittelwert des Quotienten beträgt hier 0,74 gegenüber 0,89 bei Automatenware.

Es wurde weiterhin auch bei einigen Wasseraufnahmeprüfungen nach DIN EN12087-2A einzelne Probekörper vor der normativen Abtropfzeit von 10 Minuten oberflächlich abgetupft und gewogen. Auch hier wurde in Abbildung 13 der Quotient der Wasseraufnahme bei abgetupfter, zu abgetropfter Probe über dem Prüfergebnis nach DIN EN 12087-2A aufgetragen. Es zeigt sich ein sehr ähnliches Bild mit einem Mittelwert von 0,86 für Automatenware und 0,72 für Blockware.

Aufgrund weniger Prüfergebnisse über 4 Vol.-% kann in den Abb. 12 und 13 nicht eindeutig festgestellt werden, dass Perimeterdämmstoffe aus EPS mit hoher Wasseraufnahme beim Untertauchversuch grundsätzlich mehr von der Abtropfzeit von 10 min profitieren, als solche mit geringer Feuchtezunahme.

Um festzustellen, wie sich die Abtropfzeit von 10 min auf EPS-Dämmstoffe, die nach heutigen Erkenntnissen nicht für die Anwendung im Perimeterbereich geeignet sind, auswirkt, wurde ergänzend die Wasseraufnahme bei vollständigem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A an folgenden Produkten geprüft.

Produkt	Wasseraufnahme bei vollständigem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A	
	nach Abtupfen der Oberfläche; ohne Abtropfen	nach 10 min. Abtropfen nach DIN EN 12087-2A
<p>„EPS 040 WI / DI“ EPS für Innendämmung von Gebäuden; ohne Anforderung an die Feuchteaufnahme und Rohdichte üblicherweise mit Regenerat; Nenndicke 60 mm; Rohdichte 13,2 kg/m³</p>	4,9 Vol.-%	1,7 Vol.-%
<p>„EPS 045 DES sm“ EPS für die Trittschalldämmung unter schwimmenden Estrich; elastifiziert mit gestauchten Zellen; ohne Anforderung an die Feuchteaufnahme und Rohdichte üblicherweise mit hohem Regeneratanteil; Nenndicke: 50 mm; Rohdichte : 10,1 kg/m³</p>	3,9 Vol.-%	1,3 Vol.-%

Beide, für die Perimeterdämmung nicht geeigneten Produkte erfüllen überraschender Weise auch ohne Abtropfen die Anforderung WL(T)5 nach DIN EN 13163. Durch die Abtropfzeit von 10 Minuten reduziert sich der Feuchtegehalt auf etwa ein Drittel des Wertes unmittelbar nach Ende der Wasserlagerung. Dadurch könnten die Produkte nach einmaliger Bestätigung durch einen ITT (Initial Type Test) sogar in die Stufe WL(T)2 nach DIN EN 13163 eingruppiert werden.

Um eine Übervorteilung solcher EPS-Dämmstoffe zu vermeiden, könnte auf das Prüfverfahren 2 B (Subtraktion der anfänglichen Wasseraufnahme) nach DIN EN 12087 zurückgegriffen werden. Dazu liegen derzeit jedoch keine Prüfergebnisse vor. Ferner legt die DIN EN 13163 in der Tabelle 13 zwingend die Verfahren 1A und 2A fest.

3.1.5 EINFLUSS DER OBERFLÄCHE

Der Einfluss der bei der Produktion der Perimeterdämmstoffe aus EPS entstehenden Oberflächen auf die Wasseraufnahme bei langfristigem, völligem Eintauchen ist der Tabelle 4 in Kapitel 3.1.3 zu entnehmen. Automatenware zeigte häufig in den äußeren, von der Ober- und Unterseite abgetrennten Schichten (O1, U1) mit glatter, verdichteter und gut verschweißter Oberfläche, einen deutlich geringeren Feuchtegehalt, als die vier seitlichen Schichten (S1), deren mit einer Bandsäge präparierten Oberflächen dem Wasser ausgesetzt waren.

Eine auszugsweise Veröffentlichung dieses für das DIBt, Berlin erstellten Forschungsberichtes in Druckschriften ist nur mit schriftlicher Genehmigung des FIW München zulässig.

Stark profilierte Automatenware, wie zum Beispiel das mit einem Stern (*) gekennzeichnete Produkt mit 7 mm tiefen Drainagerillen, weisen aufgrund der größeren Oberfläche einen deutlich höheren Feuchtegehalt in der äußeren, profilierten Schicht auf.

Eine weitere Auswirkung auf das Prüfergebnis der Wasseraufnahme könnte die Art der Erstellung der Probekörper haben. Während Prüfstellen üblicherweise die erforderlichen Proben mit Hilfe von Bandsägen aus den Perimeterpämplplatten fertigen, verwenden EPS-Hersteller häufig das durch die Produktion vertraute Heißschneidverfahren. Dabei teilt ein durch elektrischen Strom erhitzter Draht eine EPS-Platte durch Schmelzen. Die entstehende Oberfläche erscheint glatter und verschlossener gegenüber den rauen Schnittkanten beim Einsatz einer Bandsäge.

Von einigen Produkten wurden drei Probekörper mit einer Bandsäge und drei weitere mit einem Heißschneidegerät hergestellt. An beiden Serien wurde die Wasseraufnahme nach DIN EN 12087-2A bei vollständigem Eintauchen ermittelt. Aufgrund des noch begrenzten Datenbestandes und der teilweise großen Streuung der Probekörper kann derzeit keine konkrete Aussage über den Einfluss einer verschmolzenen Oberfläche durch das Heißschneidverfahren getroffen werden.

Eine Festlegung eines Verfahrens zur Erstellung der Probekörper ist weder in der Prüfnorm DIN EN 12087 noch in der Produktnorm DIN EN 13163 zu finden. Es sollte jedoch sinnvollerweise eine einheitliche Methode verwendet werden, die nicht nur bei thermoplastischen Kunststoffen, sondern bei allen Arten von Wärmedämmstoffen nutzbar ist.

3.2 WASSERAUFNAHME DURCH DIFFUSION

Im Gegensatz zum Untertauchversuch sind die Prüfverfahren zur Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion nach dem Versuch 3 der Anlage 1 älterer Zulassungen und nach der DIN EN 12088, auf die in Abschnitt 4.3.9.2 der DIN EN 13163 verwiesen wird, nahezu identisch. Lediglich die Randbedingungen wurden in der harmonisierten europäischen Norm präziser festgelegt und die Durchführung genauer beschrieben. Tabelle 8 gibt einen Überblick über weitgehend gleich bleibende Prüfbedingungen:

Unterschiede in den Prüfbedingungen beim Diffusionsversuch		
Prüfbedingung	Allg. bauaufs. Zulassungen Anlage 1 Versuch 3	DIN EN 12088 DIN EN 13163 Tabelle 13
Anzahl der Probekörper	3	2
Unveränderte Prüfbedingen beim Diffusionsversuch		
Abmessungen der Probekörper	500 mm x 500 mm x Dicke	
Temperatur- und Partialdruckdifferenz	Kühlplatte ($1 \pm 0,5$)°C; Wasserbad (50 ± 1)°C	
Prüfdauer	28 Tage und wenden der Probe alle 7 Tage	
Probenbehandlung vor dem Wiegen nach Wasserlagerung	Abtupfen der Oberfläche; sofort wiegen	

Tabelle 8: Unterschiede und Gemeinsamkeiten der in älteren Zulassungen beschriebenen Prüf- methode (Anlage 1 Versuch 3) zur Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion und der DIN EN 12088 (in Verbindung mit DIN EN 13163).

Während auch hier in früheren Zulassungen der Grenzwert der Wasseraufnahme durch Diffusion individuell geregelt werden konnte, ist seit 2004 eine in der DIN EN 13163 Abschnitt 4.3.9.2 genannte Stufe WD(V)3, WD(V)5, WD(V)10 oder WD(V)15 zu verwenden. Die erforderliche Anzahl an Probekörpern ist in DIN EN 13163 Tabelle 13 mit zwei, gegenüber drei Proben in der Versuchsbeschreibung nach Zulassung, festgelegt.

Bereits aus früheren Vergleichsversuchen ist bekannt, dass das Prüfergebnis bei der Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion stark von der Dicke eines Perimeterdämmstoffes abhängt. Dies bestätigt die Darstellung der Messwerte nach DIN EN 12088 über der Dicke in Abbildung 14. Die höchsten Werte der Wasseraufnahme werden von den Nenndicken 40 mm und 50 mm, bei sehr großer Streuung der Diagrammpunkte erreicht. 60 mm dicke Perimeterdämmstoffe zeigen bereits etwas kleinere Messwerte; Nenndicken von größer gleich 80 mm weisen deutlich niedrigere Werte auf. Eine schwarz eingezeichnete, potentielle Regressionskurve für alle Prüfergebnisse versucht diesen Zusammenhang systematisch wieder zugeben. Der Fokus des Forschungsvorhabens lag deshalb im Dickenbereich von der kleinsten zugelassenen und üblicherweise produzierten Nenndicke 40 mm bis zu 60 mm.

Die Stufe WD(V)15 nach DIN EN 13163 werden von allen untersuchten EPS-Dämmstoffen erfüllt. Nur zwei Produkte verfehlen die Stufe WD(V)10.

In Abbildung 15 sind die Prüfergebnisse der Wasseraufnahme durch Diffusion der Nenndicken von 40 mm bis 60 mm in Abhängigkeit von der Rohdichte dargestellt. Größere Nenndicken wurden hier vernachlässigt, da sie das Bild wegen der starken Dickenabhängigkeit verfälschen würden. Der Mittelwert aller Messpunkte für Automatenware mit einer Rohdichte kleiner 35 kg/m^3 beträgt 5,3 Vol.-%. Für höhere Rohdichten größer 35 kg/m^3 fällt der Mittelwert mit 4,9 Volumen-% trotz zwei sehr hohen Messwerte etwas niedriger aus. Bei Blockware mit Rohdichten bis 36 kg/m^3 ist der Mittelwert der 7 vorhandenen Prüfergebnisse mit 7,4 Volumen-% deutlich höher. Die schwarz eingezeichnete lineare Regressionskurve aller Diagrammpunkte verläuft entsprechend leicht fallend.

Eine Untersuchung der Verteilung der Feuchtigkeit über der Dicke der Probekörper nach dem Diffusionsversuch zeigte, dass in den meisten Fällen in den Schichten nahe der Oberfläche mehr Wasser gegenüber dem Kernbereich zu finden ist. Durch das wöchentliche Wenden der Proben ist der Feuchtegehalt an beiden Oberflächenschichten nahezu gleich.

3.3 VERHALTEN BEI FROST-TAU-WECHSELBEANSPRUCHUNG

Die DIN EN 12091 zeigt viele Ähnlichkeiten mit dem Frost-Tau-Wechselversuch nach Anlage 1 älterer Zulassungen, wie der Temperaturwechsel, die Zyklenanzahl und der anschließende Druckversuch (siehe Tabelle 9). Bei dem vorausgehenden Vorversuch lässt sie die Wahl zwischen dem langzeitigem völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und der Wasseraufnahme durch Diffusion nach DIN EN 12088. Da in der DIN EN 13163 Tabelle 13 die DIN EN 12087 verbindlich als Probenvorbereitung festgelegt ist, entsteht ein tief greifender Unterschied zum Frost-Tau-Wechselversuch nach Zulassung, dem der Diffusionsversuch voran gestellt ist. Daraus resultieren die abweichende Anzahl und Größe der Probekörper wie in Tabelle 9 dargestellt wird. Die Abbildungen der Kapitel 3.1 und 3.2 zeigten bereits, dass beim Diffusionsversuch tendenziell mit einem höheren Feuchtegehalt der Proben gerechnet werden muss, als mit völligem Eintachen als Vorversuch zum Frost-Tau-Wechsel.

Unterschiede in den Prüfbedingungen beim Frost-Tau-Wechselversuch		
Prüfbedingung	Allg. bauaufs. Zulassungen Anlage 1 Versuch 4	DIN EN 12091 DIN EN 13163 Tabelle 13
Vorversuch der langzeitigen Wasseraufnahme	Diffusionsversuch	völliges Eintauchen DIN EN 12087-2A
Abmessungen der Probekörper	500 mm x 500 mm x Dicke	200 mm x 200 mm x Dicke
Anzahl der Probekörper	1	6
Unveränderte Prüfbedingen beim Frost-Tau-Wechselversuch		
Temperaturwechsel	(-20 ± 2)°C und (+20 ± 2)°C Wasserlagerung zu je 1 Stunde	
Prüfdauer	300 Zyklen	
Druckversuch	im feuchten und trockenen Zustand	

Tabelle 9: Unterschiede und Gemeinsamkeiten der in älteren Zulassungen beschriebenen Prüf methode (Anlage 1 Versuch 4) des Frost-Tau-Wechselversuches und der DIN EN 12091 in Verbindung mit der DIN EN 13163

3.3.1 WASSERAUFNAHME BEIM FROST-TAU-WECHSELVERSUCH

Beide Prüfverfahren, die DIN EN 12091 und der Frost-Tau-Wechselversuch nach Anlage 1 älterer Zulassungen sehen die Bestimmung der zusätzlichen Wasseraufnahme zum Feuchtegehalt aus den Vorversuchen vor. Während in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen stets ein Grenzwert dieser Wasseraufnahme festgelegt wird, stellt die Produktnorm für EPS-Wärmedämmstoffe, die DIN EN 13163 dafür keine Anforderung.

Die in Abbildung 16 dargestellten Messwerte der Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechselversuch nach dem Diffusionsversuch über der Nenndicke liegen im Mittel und in Einzelwerten höher als die Prüfergebnisse bei der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A als Vorversuch in Abbildung 17.

Bei der Wasseraufnahme durch Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A in Abbildung 17 zeigt die schwarz eingezeichnete lineare Regressionskurve einen leicht ansteigenden Verlauf. Es ist somit davon auszugehen, dass größere Dicken nicht grundsätzlich günstigere Werte der Wasseraufnahme aufweisen, als kleine. Die sehr große Streuung von 0,5 Vol.-% bis 12 Vol.-% bei kleinen Dicken ist dabei jedoch zu beachten.

Die Prüfergebnisse der Wasseraufnahme der beiden Prüfverfahren des Frost-Tau-Wechsels sind in den Abbildungen 18 und 19 über der Rohdichte dargestellt. Der Mittelwert der Wasseraufnahme bei Frost-Tau-Wechsel nach Diffusion in Abbildung 18 liegt bei Automatenware mit einer Rohdichte kleiner 35 kg/m^3 mit 7,3 Volumen-% geringfügig höher als bei Produkten mit Rohdichten größer 35 kg/m^3 mit 6,6 Volumen-%. Die eingezeichnete Regressionskurve für alle Diagrammpunkte verläuft entsprechend leicht fallend. Der umgekehrte Fall ist in Abbildung 19 bei völligem Eintauchen als Vorversuch zu beobachten. Dort ist der Mittelwert der Wasseraufnahme bei leichten Produkten kleiner 35 kg/m^3 mit 4,2 Volumen-% kleiner als bei Rohdichten größer 35 kg/m^3 mit 5,3 Volumen-%. Die lineare Regressionskurve steigt deutlich an. Blockware zeigt in beiden Abbildungen einen höheren Mittelwert der Wasseraufnahme mit 9,4 Volumen-% nach Diffusion und 5,7 Volumen-% nach DIN EN 12087-2A.

An einigen Produkten im Dickenbereich von 40 mm bis 60 mm wurden beide Versionen der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung durchgeführt. Abbildung 20 zeigt die Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechsel nach völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A), über der Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechsel nach dem Diffusionsversuch, durchgeführt am gleichen Produkt. Es ist kein unmittelbarer Zusammenhang der Wasseraufnahme nach den beiden Verfahren zu erkennen. Da sich die meisten Diagrammpunkte rechts bzw. unterhalb der Diagrammdiagonalen befinden, ist davon auszugehen, dass die Wasseraufnahme bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit völligem Eintauchen als Vorversuch in den meisten Fällen niedriger ausfällt als beim Frost-Tau-Wechselversuch nach Diffusionsversuch. Eine Auswertung der Abhängigkeit von der Nenndicke oder Rohdichte der EPS-Perimeterdämmstoffe erbrachte keine Erkenntnisse.

Weiterhin wurde versucht eine Abhängigkeit der Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechsel vom Prüfergebnis der vorangehenden Wasseraufnahme bei langzeitigem, völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A zu finden. Da die lineare Regressionskurve für alle Diagrammpunkte in Abbildung 21 deutlich ansteigt, ist tendenziell bei einem hohen Prüfergebnis der Wasseraufnahme bei langzeitigem völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A auch mit einer deutlichen Wasseraufnahme bei nachfolgender Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach DIN EN 12091 auszugehen. Die Streuung in Abbildung 21 ist jedoch sehr hoch.

3.3.2 DRUCKVERSUCH NACH FROST-TAU-WECHSELBEANSPRUCHUNG

Die Prüfnorm DIN EN 12091 für die „Bestimmung des Verhaltens bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung“ verweist zur Untersuchung der Veränderung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung auf die EN 826. Die Probekörper zur Bestimmung der Druckspannung bei 10 % Stauchung sind laut EN 826 in Nenndicke und mit Kantenlängen in Abhängigkeit von der Dicke zu erstellen. Die Produktnorm DIN EN 13163 für Wärmedämmstoffe aus EPS sieht dagegen vor, den Druckversuch stets an Probekörpern mit den Abmessungen 50 mm x 50 mm x 50 mm durchzuführen, was vor allem bei Automatenware mit einer nicht homogenen Struktur über die Dicke, sowie grundsätzlich nach dem Frost-Tau-Wechselversuch, nicht sinnvoll erscheint. Beim vorliegenden Forschungsvorhaben wurde die Druckspannung bei 10 % Stauchung stets an Probekörpern in der Lieferdicke der Perimeterdämmplatten bestimmt. Produkte gleicher Rohdichte mit tiefer, dickenunabhängiger Profilierung weisen bei kleinen Lieferdicken aufgrund des höheren relativen Profilanteils ein ungünstigeres Verhalten bei Druckbeanspruchung auf, als große Dicken.

In Abbildung 22 ist die Druckspannung bei 10 % Stauchung aller untersuchten Dämmstoffe im Ausgangszustand über der Rohdichte dargestellt. Es ist bei einer gewissen Streuung ein weitgehend linearer Zusammenhang zu erkennen. Nur zwei dunkelblaue Diagrammpunkte, die jedoch für die vorgesehene Anwendung bis 3 m Einbautiefe eine sehr hohe Rohdichte aufweisen, weichen erheblich von der schwarzen, linearen Regressionskurve ab.

Es ist besonders darauf zu achten, dass die Probekörper für den Druckversuch und für den Frost-Tau-Wechsel nahezu die gleiche Rohdichte aufweisen. Andernfalls könnte eine Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach dem Frost-Tau-Wechselversuch durch unterschiedliche Rohdichten der Probekörper verursacht worden sein, und nicht durch die Frost-Tau-Wechselbeanspruchung. Da bei Automatenware wie auch bei Blockware gelegentlich große Schwankungen vorzufinden sind (siehe Tabelle 7), ist bei der Beurteilung besondere Sorgfalt erforderlich.

Die Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung gegenüber dem Prüfergebnis im Anlieferungszustand ist in Abbildung 23 für den Frost-Tau-Wechselversuch nach dem Diffusionsversuch nach Anlage 1 älterer Zulassungen über der Nenndicke aufgezeigt. Die entsprechende Darstellung mit völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A nach DIN EN 13163 als Vorversuch in Abbildung 24 lässt aufgrund der steigenden Regressionsgeraden bei großen Nenndicken über 60 mm keinen größeren Abfall der Druckspannung durch den Frost-Tau-Wechsel vermuten, als bei den häufig geprüften Nenndicken zwischen 40 mm und 60 mm.

In den Abbildungen 25 und 26 ist die Veränderung beim Druckversuch durch Frost-Tau-Wechselbeanspruchung über der Rohdichte aufgetragen. Nach dem Frost-Tau-Wechselversuch mit dem Vorversuch Diffusion in Abbildung 25 sind die Prüfergebnisse der Druckspannung bei 10 % Stauchung im feuchten Zustand grundsätzlich höher als bei den rückgetrockneten Probekörpern. Dies ist in Abbildung 26 mit völligem Eintauchen als Vorversuch in den meisten Fällen auch zu beobachten, der Unterschied ist jedoch erheblich geringer und in einzelnen Fällen erzielen trocken geprüfte Proben gleiche, oder höhere Messwerte, als feuchte Probekörper.

Die Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung durch den Frost-Tau-Wechsel ist in Tabelle 10 als Mittelwert aller Prüfergebnisse der Abbildungen 25 und 26 zusammengefasst. Automatenware zeigt nach dem Frost-Tau-Wechsel mit völligem Eintauchen als Vorversuch im Mittel eine stets positive und deutlich günstigere Veränderung bei Druckbeanspruchung als nach dem Diffusionsversuch, mit einer Abnahme der Druckspannung bei 10 % Stauchung bei trockenen Probekörpern.

Produkte	Mittelwert aller Prüfergebnisse der Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung			
	nach dem Diffusionsversuch (laut Anlage 1 älterer Zulassungen)		nach völligem Eintauchen EN 12087-2A (laut DIN EN 13163)	
	feuchte Probekörper	trockene Probekörper	feuchte Probekörper	trockene Probekörper
Automatenware Rohdichte < 35 kg/m ³	+1,1 %	-6,5 %	+5,3 %	+1,4 %
Automatenware Rohdichte > 35 kg/m ³	+2,2 %	-2,3 %	+3,9 %	+1,4 %
Blockware bis 38 kg/m ³	(-3,3 %)	(-1,7 %)	+2,8 %	-2,1 %

Tabelle 10: Mittelwert aller Prüfergebnisse der Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung gegenüber den Ausgangswerten durch die Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit dem Diffusionsversuch und dem langzeitigem völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A als Vorversuch

Während mit dem Diffusionsversuch als Vorversuch zur Frost-Tau-Wechselbeanspruchung Automatenware mit Rohdichten größer 35 kg/m^3 günstigere Werte der Druckspannungsveränderung gegenüber leichteren Produkten mit kleiner 35 kg/m^3 zeigt, ist bei völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A) mit anschließendem Frost-Tau-Wechsel bei feuchten Probekörpern der umgekehrte Fall zu beobachten. Die Steigungen der Regressionsgeraden für Automatenware in den Abbildungen 25 und 26 bestätigen diesen Trend. Bei Blockware kann aufgrund der wenigen und stark streuenden Prüfergebnisse keine eindeutige Aussage dazu getroffen werden.

Da es nahe liegend erscheint, dass bei Produkten die beim Frost-Tau-Wechselversuch eine hohe Wasseraufnahme aufweisen, die zu Zerstörungen im Zellgefüge führen könnte, auch eine negative Auswirkung auf das Verhalten bei Druckbeanspruchung zu beobachten ist, wurde in den Abbildung 27 und 28 die Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung über dem jeweiligen Prüfergebnis der Wasseraufnahme bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung aufgetragen. Bei der Veränderung der Druckspannung nach Frost-Tau-Wechsel mit dem Diffusionsversuch als Vorversuch in Abbildung 27 sind die parallelen abfallenden linearen Regressionslinien für die feuchten und trockenen Probekörper zu erkennen, die diesen Verdacht bestätigen. Wegen der unterschiedlich gerichteten Regressionskurven in Abbildung 28 lässt sich keine Aussage bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit dem Vorversuch nach DIN EN 12087-2A mit völligem Eintauchen treffen.

Für einen direkten Vergleich der Auswirkung der beiden Vorversuche wurde an einigen Produkten im kritischen Dickenbereich die Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselversuch mit dem Diffusionsversuch als auch mit vollständigen Eintauchen (DIN EN 12087-2A) als Vorversuch durchgeführt. In den Abbildungen 29 und 30 wurde stets die Differenz der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechsel der beiden Verfahren, bezogen auf das Prüfergebnis der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechsel nach dem Diffusionsversuch in Prozent auf der Ordinate aufgetragen.

Diese Darstellung über der Nenndicke in Abbildung 29 zeigt bei 60 mm Werte um die Abszisse, während bei 40 mm alle Diagrammpunkte positiv sind und deutlich höher liegen. Sehr kleine Dicken um 40 mm erzielen damit beim Druckversuch nach Frost-Tau-Wechsel mit völligem Eintauchen bessere Messwerte als beim Verfahren mit dem Diffusionsversuch. Bereits bei einer Dicke von 60 mm dürfte kaum ein Unterschied zwischen den beiden Vorversuchen zur Befeuchtung der Proben zu beobachten sein. Dieses Verhalten ist vermutlich auf die starke Dickenabhängigkeit der Feuchteaufnahme beim Diffusionsversuch zurückzuführen, das bereits im Kapitel 3.2 und in Abbildung 14 beschrieben wurde.

Abbildung 30 zeigt den prozentualen Unterschied der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechsel nach völligem Eintauchen gegenüber dem Diffusionsversuch in Abhängigkeit von der Rohdichte. Die beiden Regressionslinien für feuchte und trockene Probekörper liegen nahe zusammen und zeigen einen ähnlichen Abfall mit steigender Rohdichte. Produkte mit geringer Rohdichte können mit völligem Eintauchen als Vorversuch zur Frost-Tau-Beanspruchung tendenziell mit günstigeren Ergebnissen bei der anschließenden Druckbeanspruchung rechnen, als nach dem Diffusionsversuch. Bei hoher Rohdichte sollte der Unterschied gering sein. Ursache dafür ist vermutlich die tendenziell geringere Wasseraufnahme beim Diffusionsversuch mit zunehmender Rohdichte (vergleiche Abbildung 15). Der in Tabelle 10, bzw. in den Abbildungen 25 und 26 aufgezeigte Trend wurde damit bestätigt. Zu beachten ist jedoch die große Streuung der Diagrammpunkte.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Mit der verbindlichen Einführung der Europäischen Dämmstoffnormen zum 31.12.2003 wurden allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Perimeterdämmung aus expandiertem Polystyrol (EPS) auf der Grundlage der DIN EN 13163 verfasst oder umgestellt. Die Prüfverfahren zur Wasseraufnahme der Dämmstoffe unterscheiden sich teilweise erheblich von den ursprünglichen Regelungen der Zulassungen. Das Forschungsvorhaben sollte die Unterschiede dieser Prüfverfahren und die Folgen für die Dämmstoffe untersuchen.

Bei der „Bestimmung der Wasseraufnahme durch langzeitiges, völliges Eintauchen nach EN 12087-2A“ waren die Prüfergebnisse stets gleich, oder kleiner gegenüber dem Untertauchversuch mit Temperaturwechsel nach Versuch 1/2, ursprünglicher Zulassungen mit teilweise deutlichem Unterschied. Kleinere Nenndicken und niedrigere Rohdichte führte bei Automatenware tendenziell zu günstigeren Prüfergebnissen, bei großer Streuung. Bei Blockware konnte im Mittel eine etwas höhere Feuchteaufnahme beobachtet werden. In vielen Probekörpern wurde bei beiden Methoden, vor allem bei hoher Wasseraufnahme, eine weitgehend homogene Feuchteverteilung festgestellt.

Die DIN EN 12088 zur „Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion“ entspricht weitgehend dem Versuch 1/3 alter Zulassungen. Die bereits bekannte, starke Dickenabhängigkeit der Prüfergebnisse wurde bestätigt, indem kleine Nenndicken deutlich mehr Wasser aufnahmen. Tendenziell zeigten Produkte höherer Rohdichte eine geringere Feuchteaufnahme, wobei auch Produkte mit niedriger Rohdichte in der Lage waren die Stufen der DIN EN 13163 zu erfüllen.

Die Wasseraufnahme bei „Frost-Tau-Wechselbeanspruchung“ nach EN 12091 mit langzeitigem, völligem Eintauchen als Vorversuch (laut Anforderung der DIN EN 13163) war bei den meisten Vergleichsversuchen geringer als beim Frost-Tau-Wechselversuch nach dem Diffusionsversuch entsprechend Versuch 1/4 älterer Zulassungen. Es konnte jedoch kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Prüfmethode festgelegt werden. Bei der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen ist tendenziell bei zunehmender Dicke, zunehmender Rohdichte und hohem Feuchtegehalt beim Vorversuch nach EN 12087-2A mit ansteigender Wasseraufnahme zu rechnen. Die Prüfergebnisse streuen jedoch stark.

Die Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung durch die Frost-Tau-Wechselbeanspruchung führt nach völligem Eintauchen nach EN 12087-2A meistens zu günstigeren Messwerten als nach dem Diffusionsversuch. Das gilt besonders für kleine Nenndicken und niedrige Rohdichten. Der Grenzwert der DIN EN 13163 von 10 % für den Abfall der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit völligem Eintauchen nach EN 12087-2A als Vorversuch, wird mit einer Ausnahme stets eingehalten. Dabei führen große Nenndicken tendenziell zu günstigeren Ergebnissen.

Die Regelungen zur Wasseraufnahme in den seit 2004 ausgestellten bauaufsichtlichen Zulassungen für Perimeterdämmstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) erscheinen grundsätzlich sinnvoll und erfüllbar, und stellen keine höhere Anforderung an die Wärmedämmstoffe gegenüber den Zulassungen vor dem 31. Dezember 2003.

5. NORMEN UND PRÜFUNGSANWEISUNGEN

Im Forschungsbericht verwendete Europäische Prüf- und Produktnormen:

DIN EN 13163:2001 Wärmedämmstoffe für Gebäude
Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS)
- Spezifikation

DIN EN 12087:1997 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen
Bestimmung der Wasseraufnahme bei langzeitigem Eintauchen
Prüfverfahren 2A (Abtropfen)

DIN EN 12088:1997 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen
Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion

DIN EN 12091:1997 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen
Bestimmung des Verhaltens bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

DIN EN 826: 1996 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen
Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung

Eine auszugsweise Veröffentlichung dieses für das DIBt, Berlin erstellten Forschungsberichtes in Druckschriften ist nur mit schriftlicher Genehmigung des FIW München zulässig.

Im Forschungsbericht verwendete Prüfanweisungen zur Bestimmung der Wasseraufnahme nach der Anlage 1 von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, die vor dem 31.12.2003 ausgestellt wurden:

VERSUCH 2:

WASSERAUFNAHME DURCH UNTERWASSERLAGERUNG BEI TEMPERATURWECHSEL

Drei Proben mit den Abmessungen 300 mm x 300 mm x Lieferdicke werden so in ein Wasserbad von 20 °C eingelegt, dass der Wasserspiegel etwa 40 mm über der untergetauchten Probe liegt. Das Wasser wird auf 40 °C erwärmt und wieder auf 20 °C abgekühlt, so dass täglich ein Temperaturzyklus abläuft. Nach 28 Tageszyklen sind die Proben zu entnehmen. Durch Wägen vor und nach der Lagerung wird die Wasseraufnahme bestimmt. Sie ist im Prüfbericht als Feuchtegehalt sowohl in Vol.-% als auch in Masse-% anzugeben.

VERSUCH 3:

WASSERAUFNAHME BEIM DIFFUSIONSVERSUCH

Drei Proben mit den Abmessungen 500 mm x 500 mm x Lieferdicke werden über einen Zeitraum von 28 Tagen einem Wasserdampfdruckgefälle ausgesetzt. Drei Proben werden dazu zwischen einem Wasserbad von rd. 50 °C und einer wasserdurchflossenen Kühlplatte von 1 °C angeordnet. Die Proben sind während der vorgegebenen Prüfdauer von 28 Tagen wöchentlich zu wenden. Die durch Kondensation in den Proben verfolgte Wasseraufnahme ist durch Wägung vor und nach der Prüfung zu bestimmen und in Vol.-% und in Masse-% anzugeben.

VERSUCH 4:

FROST-TAU-WECHSELVERSUCH MIT ANSCHLIEßENDEM DRUCKVERSUCH NACH DIN 53 421

Die im Diffusionsversuch befeuchteten Proben (Abmessungen 500 mm x 500 mm x Lieferdicke) sind 300 Frost-Tau-Wechseln zwischen – 20 °C und + 20 °C von jeweils einer Stunde Dauer auszusetzen. Beim Auftauen sind die Proben in Wasser zu tauchen, wobei die Wasserschicht über der Probe rd. 40 mm betragen soll. Nach Ermittlung der Feuchte sind 10 quadratische Proben von 100 mm Kantenlänge auszuscheiden, von denen jeweils 5 im feuchten und 5 im trockenen Zustand (nach Trocknung bei 40 °C bis zur Massenkonstanz) im Druckversuch nach DIN 53421 untersucht werden. Die Mittelwerte der Festigkeitswerte vor und nach der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung sind zu vergleichen.

Einbautiefe	Herstellwerk	Rohstoff	Entnahmedatum	Nenn-dicke	Roh-dichte	Druckspannung bei 10 % Stauchung σ_{10} EN 826 Ausgangswert kPa	Wasseraufnahmen bei völligem Eintauchen		Wasseraufnahme durch Diffusion nach EN 12088 und abZ Anlage 1 Versuch3 1/50°C Vol.-%	Frost- Tau- Wechserversuch nach EN 12091					
							300X300mm ² abZ Anlage 1 Versuch 2 (10min abtropfen) Vol.-%	EN 12087 Prüfverfahren 2A 200x200mm ² (abtupfen) Vol.-%		Vorversuch : EN 12087-2A DIN EN 13163 Abschn 4.3.10			Vorversuch : EN 12088 abZ Anlage 1 Versuch 4		
										Wasser-aufnahme	Druckspannung σ_{10} EN 826 nach F/T		Wasser-aufnahme	Druckspannung σ_{10} EN 826 nach F/T	
											Vol.-%	feucht kPa		trocken kPa	Vol.-%
Automatenware 3 m Einbautiefe	1	A	24.08.05	60	33,8	223	2,8 (2,7)	1,5 (1,7)	5,9	9,4	228	230	9,9	244	220
				120	33,2	230	3,5 (3,4)	1,5 (1,6)	x	6,5	237	224	x	x	x
	2	D	01.06.05	50	32	223	1,9 (1,7)	1,4	8,4	1,5	235	218	3,8	233	222
				160	34	243	3,1	2,1	x	3,4	272	255	x	x	x
	2	D	03.08.04	40	38	269	3,2	x	3,9	x	x	x	2,2	312	285
				200	32	208	6,6	x	x	x	x	x	x	x	x
	3	E	06.09.04 12.05.04	50	33	234	0,8	0,3	4,3	3,8	247	237	12,6	226	220
				120	33	210	x	1,6	x	x	x	x	x	x	x
	4	C	17.03.05	60	32	202	2,2 (2,0)	x	5,0	x	x	x	9,4	197	172
				120	32	193	3,7 (3,6)	x	x	x	x	x	x	x	x
	5	F	06.04.05	40	34,4	226	3,6 (3,3)	1,8	7,4	0,7	232	236	13,8	225	209
				200	35	256	6,9 (4,7)	3,9	x	x	x	x	x	x	x
	6	D	16.06.05	40	36,7	250	3,7 (3,3)	2,2 (2,4)	6	9,9	263	249	6,8	251	243
				200	35,7	264	5,1 (4,6)	3,4 (4,0)	x	4,5	272	264	x	x	x
	7	H	19.04.05	40	27,7	168	2,5 (2,2)	x	8,4	x	x	x	10	167	158
				200	30,2	213	3,8 (3,2)	x	x	x	x	x	x	x	x
	8	A	14.09.05	50	34	231	x	1,2 (1,3)	3,3	5,2	230	229	x	x	x
				200	37	256	x	2,8	x	x	x	x	x	x	x
	9	G	13.09.05	50	34	242	2,3 (2,0)	1	3,7	1,1	251	244	1,9	243	239
				60	28,7	207	0,9 (0,8)	0,2	x	x	x	x	x	x	x
	10	J	16.03.05	40	26,5	168	1,3	0,2	5,2	1,3	185	175	3,2	161	154
		K	26.09.05	40	28,3	184	0,2 (0,1)	0,14	5,1	1,3	198	186	4,4	191	156
				140	30,8	239	3,4 (3,3)	x	2,5	x	x	x	4,6	263	229
	11	B	03.03.05	60	31,6	222	1,4	0,2	3	3,6	236	219	8,4	222	207
		A	19.09.05	50	32,9	217	2,1 (2,0)	x	3,9	x	x	x	15,6	229	204
	12	F	31.05.05	50	44,7	261	x	0,7	3	5,9	265	265	x	x	x
120				35,9	200	x	1,6	x	x	x	x	x	x	x	
13	I	16.12.05	40	30,9	217	x	0,3 (0,5)	4,7	1,2	224	226	x	x	x	
			120	28,6	191	x	2,6 (2,9)	x	2,9	218	201	x	x	x	

Tabelle 1: Zusammenfassung aller Messwerte der Wasseraufnahme von Perimeterdämmstoffen aus EPS als Automatenware bis 3 m Einbautiefe

Einbautiefe	Herstellwerk	Rohstoff	Entnahmedatum	Nenn-dicke mm	Roh-dichte kg/m ³	Druckspannung bei 10 % Stauchung σ_{10} EN 826 Ausgangswert kPa	Wasseraufnahmen bei völligem Eintauchen		Wasseraufnahme durch Diffusion nach EN 12088 und abZ Anlage 1 Versuch3 1/50°C Vol.-%	Frost- Tau- Wechserversuch nach EN 12091						
							20/40°C 300X300mm ² abZ Anlage 1 Versuch 2 (10min abtropfen) Vol.-%	EN 12087 Prüfverfahren 2A 200x200mm ² (abtupfen) Vol.-%		Vorversuch : EN 12087-2A DIN EN 13163 Abschn 4.3.10			Vorversuch : EN 12088 abZ Anlage 1 Versuch 4			
										Wasser-aufnahme	Druckspannung σ_{10} EN 826 nach F/T		Wasser-aufnahme	Druckspannung σ_{10} EN 826 nach F/T		
											Vol.-%	feucht kPa		trocken kPa	Vol.-%	feucht kPa
Automatenware	6 m Einbautiefe	13	I	16.12.05	50	37,2	303	2,0 (1,9)	2	8,6	12,0	321	298	6,6	316	287
				05.07.05	120	40,7	322	3,8	2,8	x	x	x	x	x		
		13	I	17.02.04	50	40	333	x	0,7	4,9	4,0	366	345	x	x	x
					200	40	313	x	1,1	0,4	6,1	340	333	x	x	x
		2	D	03.08.04	40	40	269	x	0,3	4,5	0,8	266	283	x	x	x
					80	41	302	x	0,8	1,8	1,6	331	329	x	x	x
		14	D	30.06.05	60	36	250	4,3 (3,9)	0,5	3,8	3,4	262	248	3,2	263	259
					120	36	250	2,3 (2,1)	2,2	x	2,8	272	266	x	x	x
		14	D	11.11.04	60	46	325	3,9	1,9	3,8	11,9	336	340	10,6	336	331
					14.10.05	50	46,5	386	3,6 (3,4)	1,2 (1,4)	3,3	1,2	391	378	3,9	379
		5	F	06.04.05	40	35,9	268	x	0,4	5,9	0,6	260	278	x	x	x
					200	38,4	287	x	4,3	x	x	x	x	x	x	x
		6	D	16.06.05	40	36,5	250	3,4 (3,0)	1,0 (1,2)	4,7	0,9	261	256	7,4	246	238
					200	37,4	266	6,2 (5,0)	4,1 (4,7)	x	x	x	x	x	x	x
		7	H	08.11.05	40	38,8	251	6,8 (5,9)	1,3	12,2	10,5	249	244	10,3	249	244
					200	39,4	256	6,8 (6,4)	1,4 (1,5)	x	8,3	274	254	x	x	x
		8	A	14.09.05	50	37	258	2,5 (2,4)	1,7 (1,9)	2,7	5,4	258	256	5,8	264	243
					200	39	267	6,1 (4,9)	4,8	x	x	x	x	x	x	x
		9	G	13.09.05	50	41,6	322	1,5 (1,4)	x	2,8	x	x	x	9,3	321	307
					60	39,8	332	2,8 (2,7)	x	x	x	x	x	x	x	x
10	J	16.03.05	40	39,5	268	1,6	x	3,5	x	x	x	5,4	313	296		
			K	26.09.05	40	37,6	276	1,8 (1,6)	0,2	3,3	1,6	264	260	8,8	262	257
					140	39,7	303	3,7(3,6)	x	2	x	x	5,7	314	284	
12	F	31.05.05	60	39,2	288	x	1,6	5,8	9,6	316	285	x	x	x		
			120	38,4	266	x	1,6	x	x	x	x	x	x	x		

Tabelle 2: Zusammenfassung aller Messwerte der Wasseraufnahme von Perimeterdämmstoffen aus EPS als Automatenware bis 6 m Einbautiefe

Einbautiefe	Herstellwerk	Rohstoff	Entnahmedatum	Nenn-dicke mm	Roh-dichte kg/m³	Druckspannung bei 10 % Stauchung σ_{10} EN 826 Ausgangswert kPa	Wasseraufnahmen bei völligem Eintauchen		Wasseraufnahme durch Diffusion nach EN 12088 und abZ Anlage 1 Versuch3 1/50°C Vol.- %	Frost- Tau- Wechserversuch nach EN 12091					
							20/40°C 300X300mm² abZ Anlage 1 Versuch 2 (10min abtropfen) Vol.- %	EN 12087 Prüfverfahren 2A 200x200mm² (abtupfen) Vol.- %		Vorversuch : EN 12087-2A DIN EN 13163 Abschn 4.3.10			Vorversuch : EN 12088 abZ Anlage 1 Versuch 4		
										Wasser-aufnahme	Druckspannung σ_{10} EN 826 nach F/T		Wasser-aufnahme	Druckspannung σ_{10} EN 826 nach F/T	
											Vol.- %	feucht kPa		trocken kPa	Vol.- %
Blockware 3 m Einbautiefe	15	D	30.06.05	50	33	222	3,4 (3,1)	3,2	3,7	7,5	227	205	9,9	244	258
				100	31	200	5,6 (4,4)	2,6	x	7,6	215	216	x	x	x
	16	H	19.04.05	40	33,6	234	x	1,8	9,6	5,0	234	220	x	x	x
				200	33,2	234	x	4	x	x	x	x	x	x	
	17	M	01.02.06	50	25,3	160	x	1,8 (2,3)	10,4	2,9	177	162	x	x	x
				200	25,4	177	x	2,7 (3,2)	x	x	x	x	x	x	
	18	M	30.01.2006	50	26,7	178	4,2 (2,1)	2,2	8,5	5,6	191	172	7,1	178	164
				200	25	170	3,2 (1,8)	2,1 (4,1)	x	x	x	x	x	x	x
6 m Einbautiefe	15	D	21.07.05	60	34	250	4,6 (3,9)	1,1	5,9	5,1	223	213	8,9	255	238
				80	38	264	5,8 (5,1)	2,9	x	x	x	x	x	x	
	16	H	19.04.05	40	35,5	250	x	4	4,9	4,4	242	260	x	x	x
				200	31	252	x	3,2	x	x	x	x	x	x	
	17	M	01.02.06	50	34,2	251	4,7 (3,3)	3,2 (4,2)	9,2	7,4	273	256	11,5	254	225
				200	33,9	268	3,5 (2,5)	2,7	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 3: Zusammenfassung aller Messwerte der Wasseraufnahme von Perimeterdämmstoffen aus EPS als Blockware

Abbildung 1: Prüfergebnisse der Wasseraufnahme bei Unterwasserlagerung mit Temperaturwechsel (20/40°C) nach Anlage 1 älterer Zulassungen über der Nenndicke

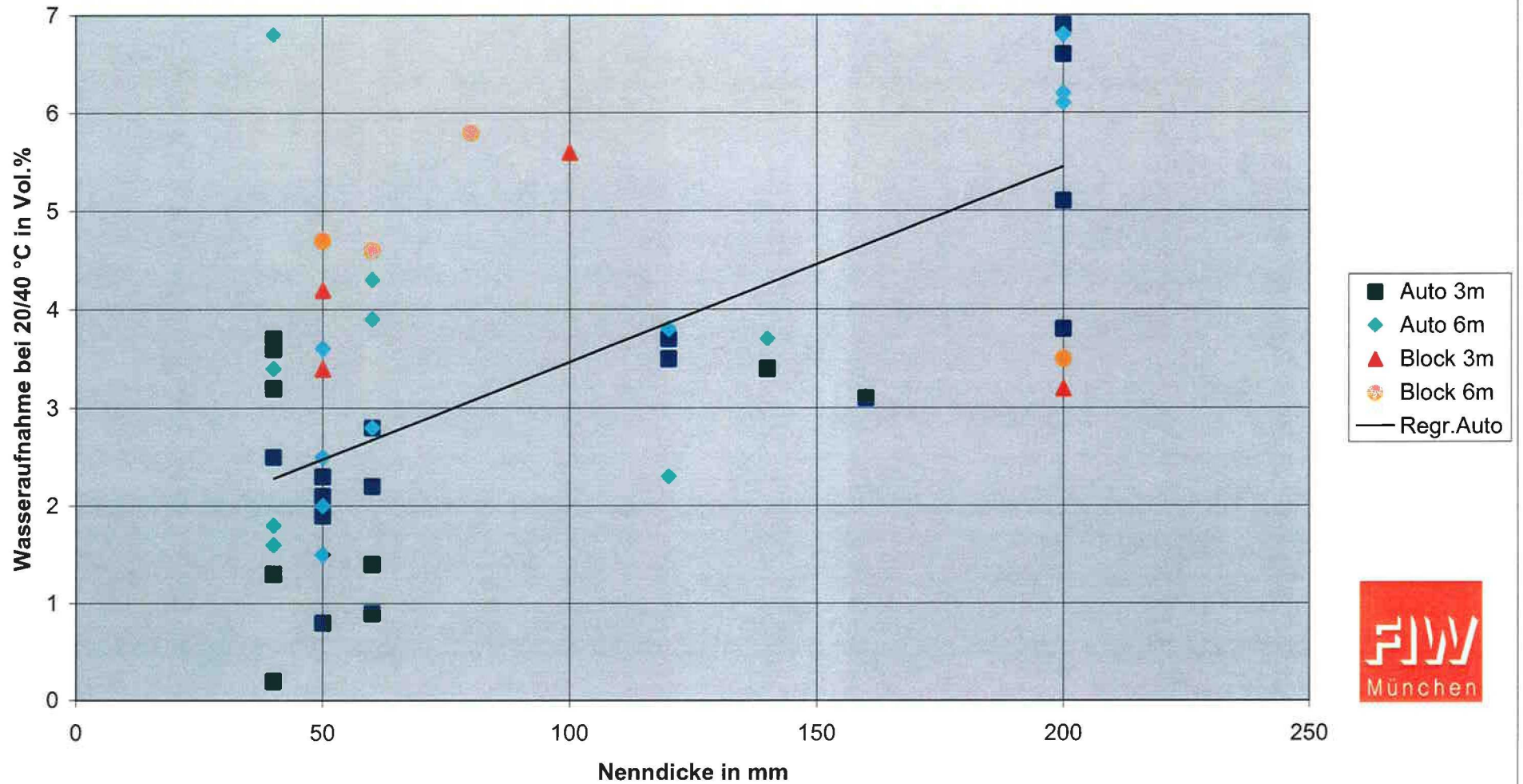


Abbildung 2: Prüfergebnisse der Wasseraufnahme bei langfristigem völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A über der Nenndicke

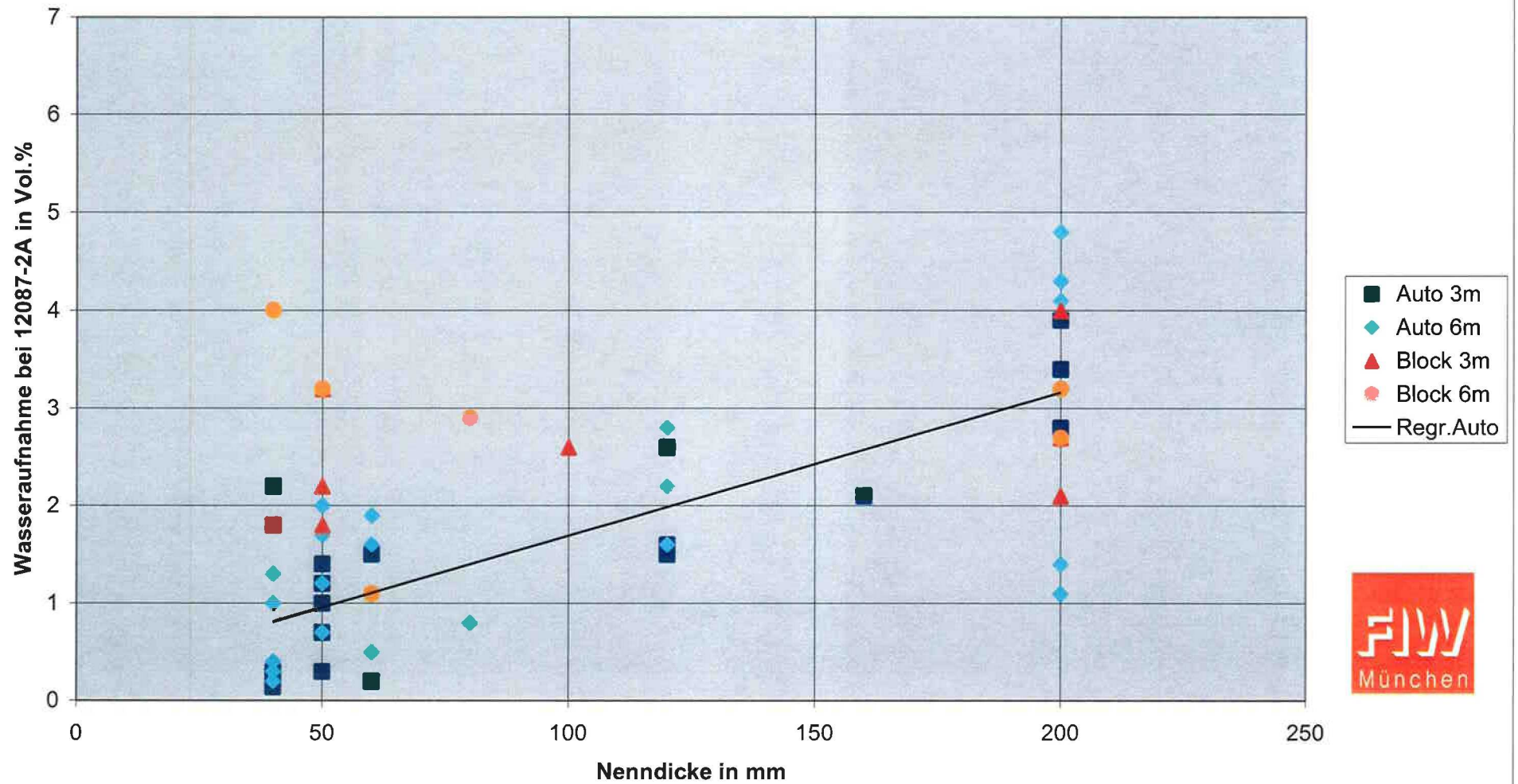


Abbildung 3: Prüfergebnisse der Wasseraufnahme bei Unterwasserlagerung mit Temperaturwechsel (20/40°C) nach Anlage 1 älterer Zulassungen über der Rohdichte

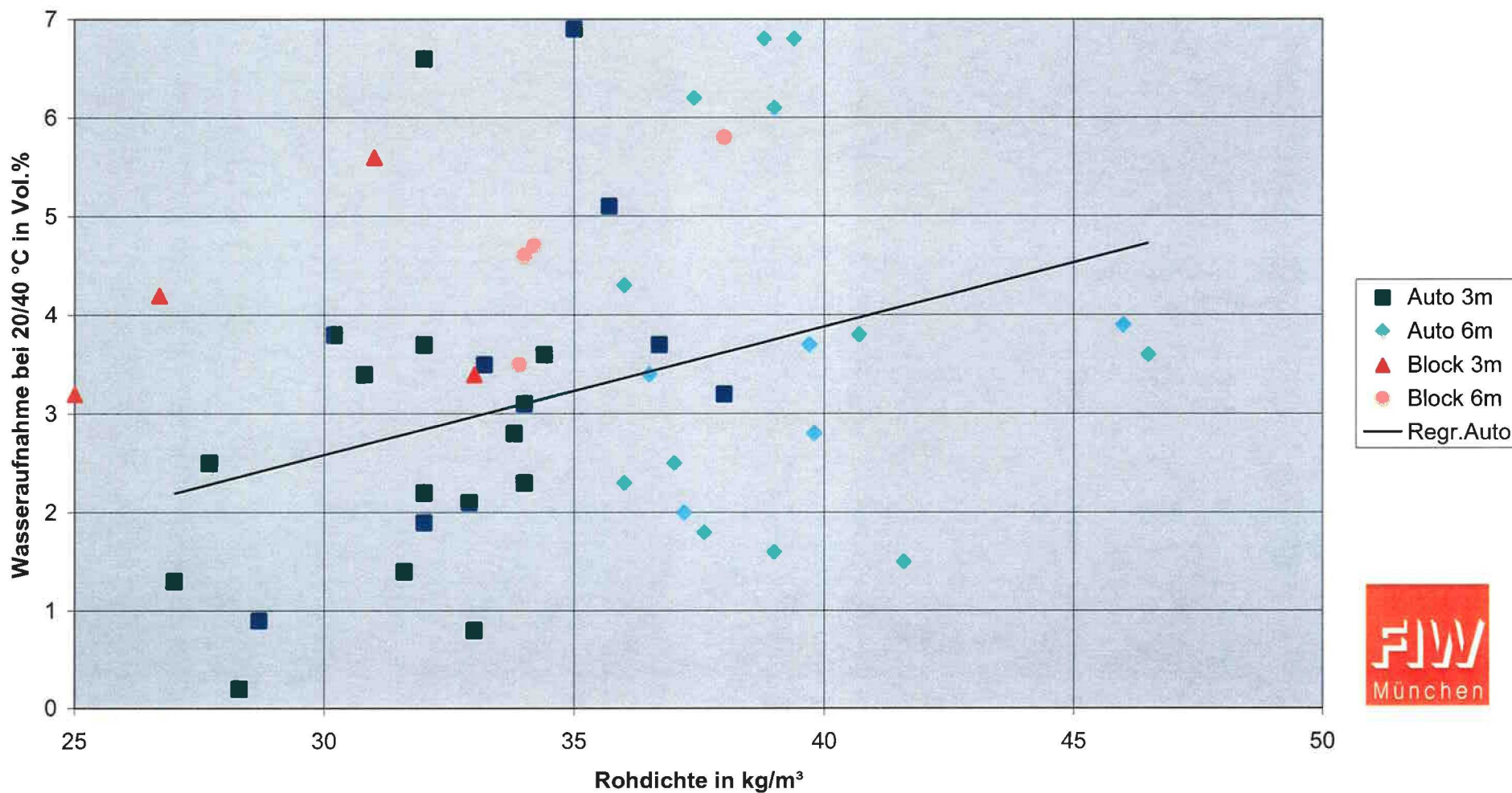


Abbildung 4: Prüfergebnisse der Wasseraufnahme bei langfristigem völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A über der Rohdichte

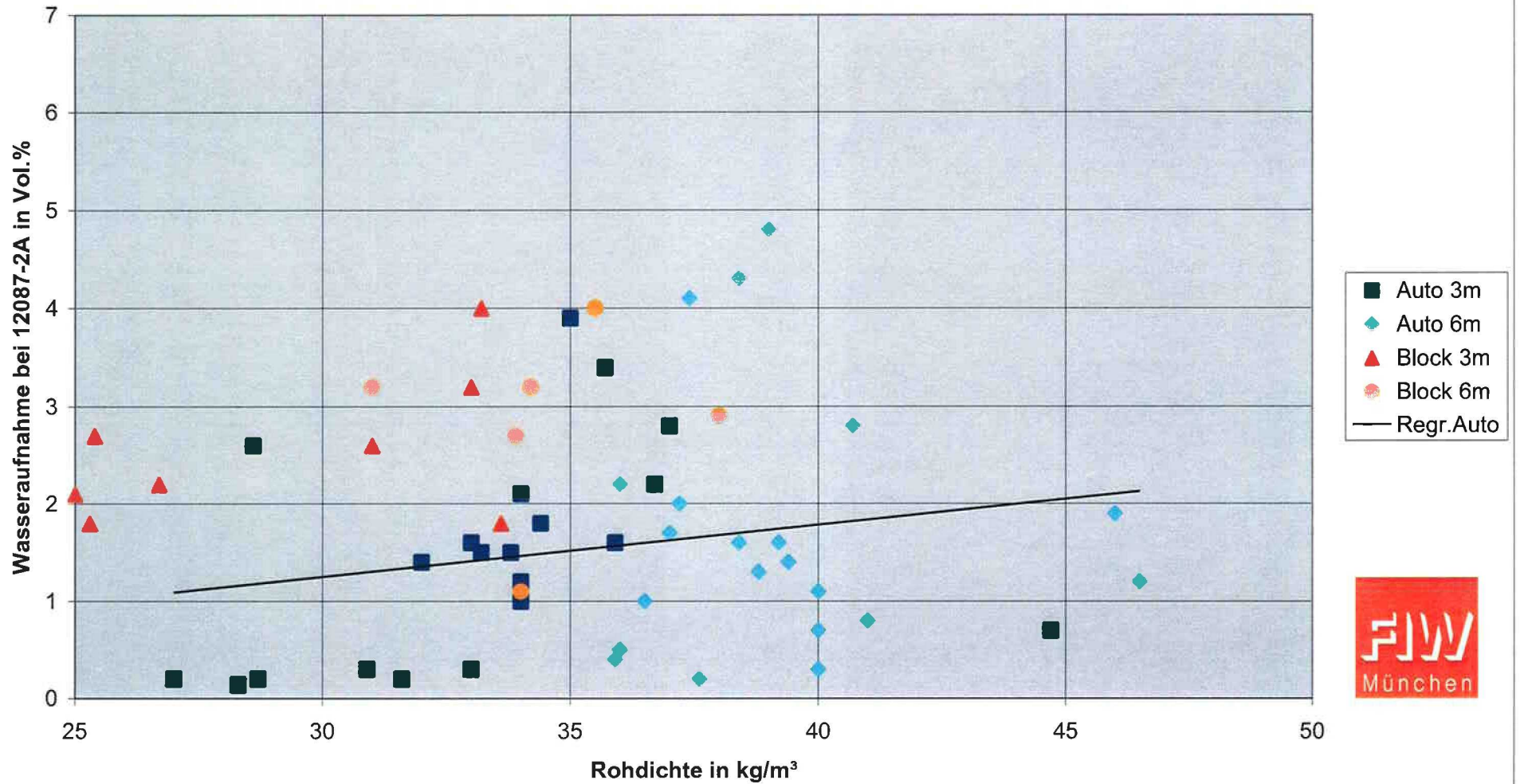


Abbildung 5: Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach 12087-2A über der Wasseraufnahme beim Untertauchversuch mit Temperaturwechsel (20/40°C), durchgeführt am gleichen Produkt

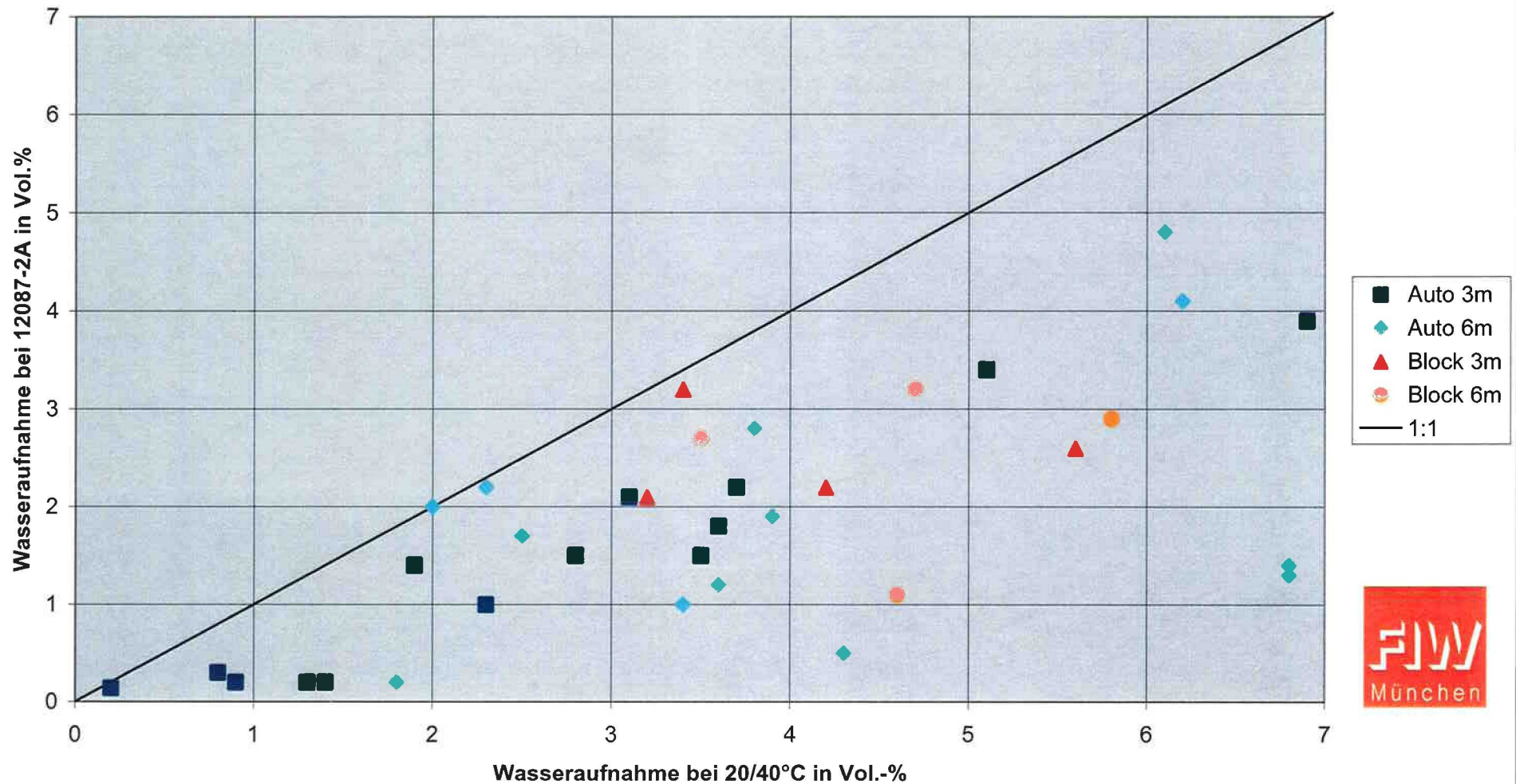


Abbildung 6: Quotient der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und der Wasseraufnahme beim Untertauchversuch mit Temperaturwechsel (20/40°C) über der Nenndicke

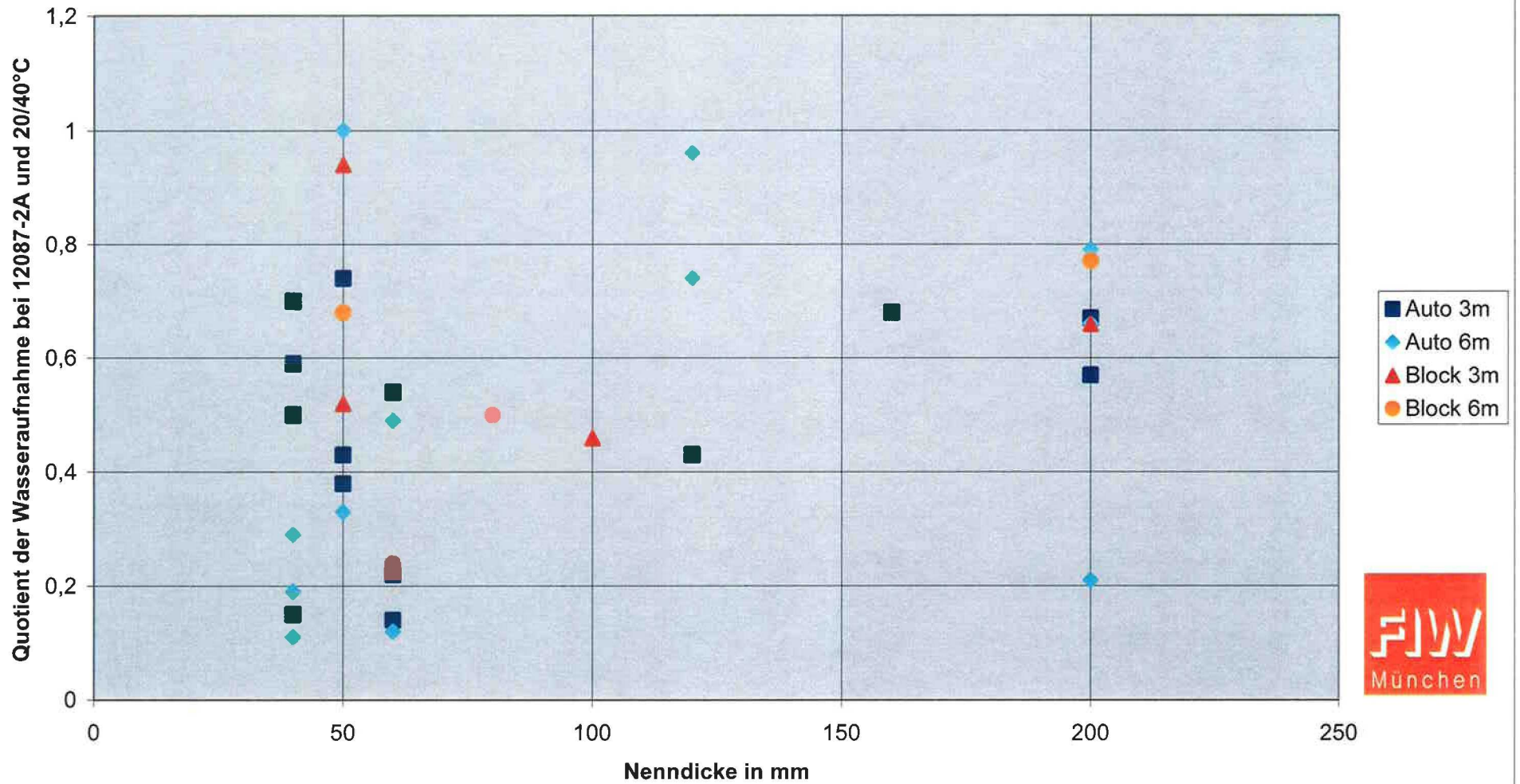


Abbildung 7: Quotient der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und der Wasseraufnahme beim Untertauchversuch mit Temperaturwechsel (20/40°C) über der Rohdichte

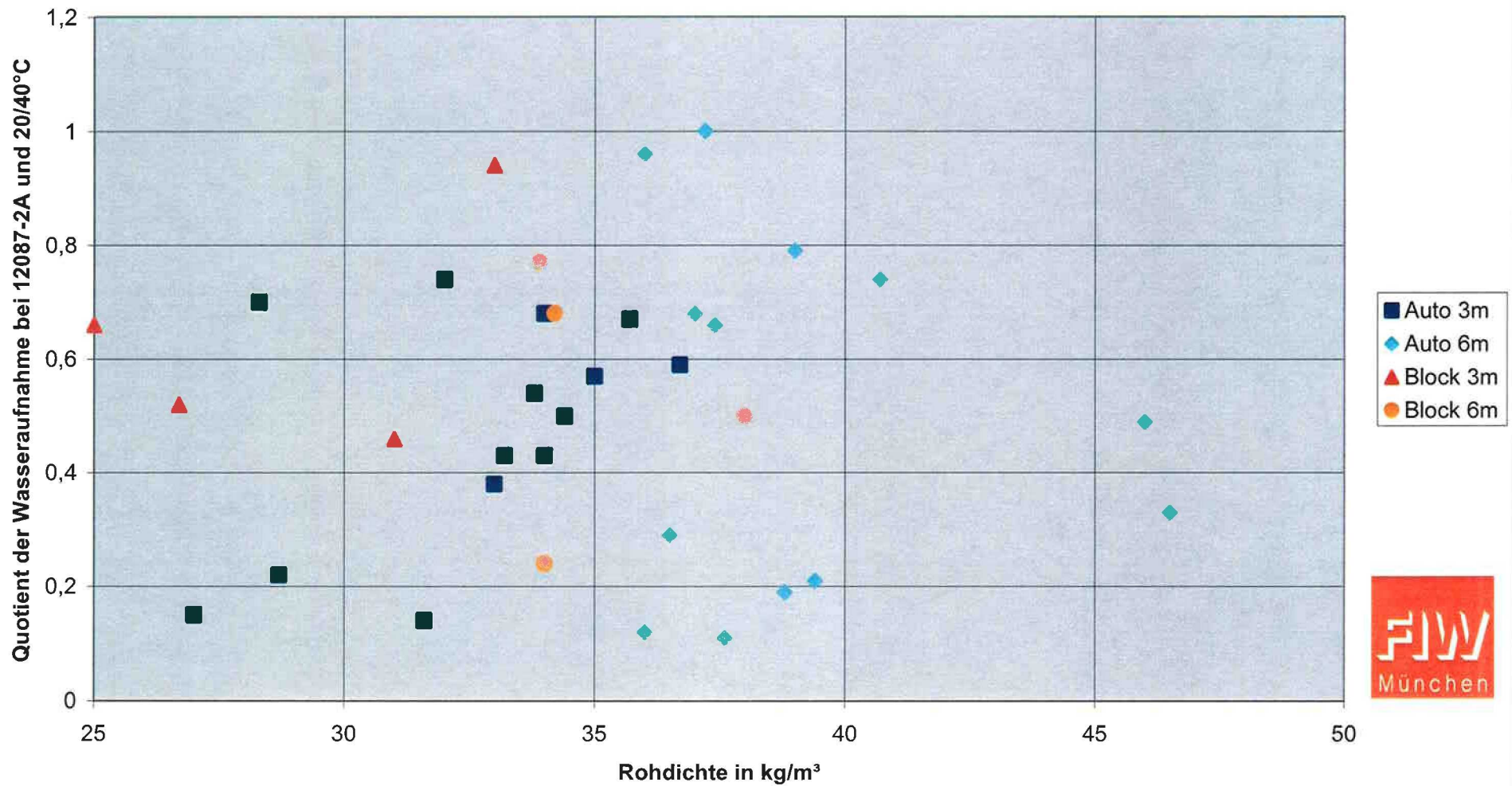


Abbildung 8: Quotient der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und der Wasseraufnahme beim Untertauchversuch 20/40°C über dem Prüfergebn nach DIN EN 12087-2A

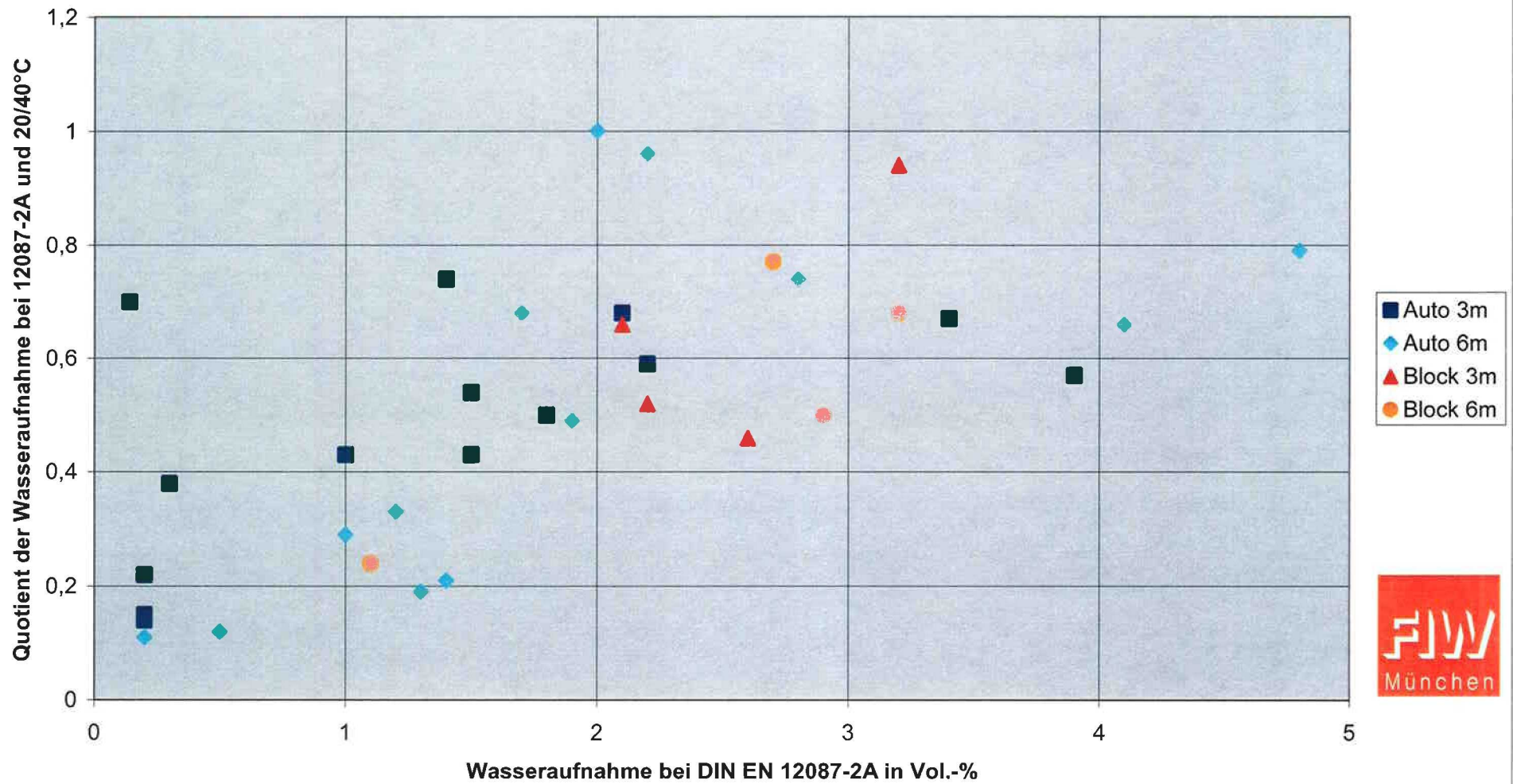


Abbildung 9: Quotient der Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A und der Wasseraufnahme beim Untertauchversuch 20/40°C über dem Prüfergebn beim 20/40°C-Versuch

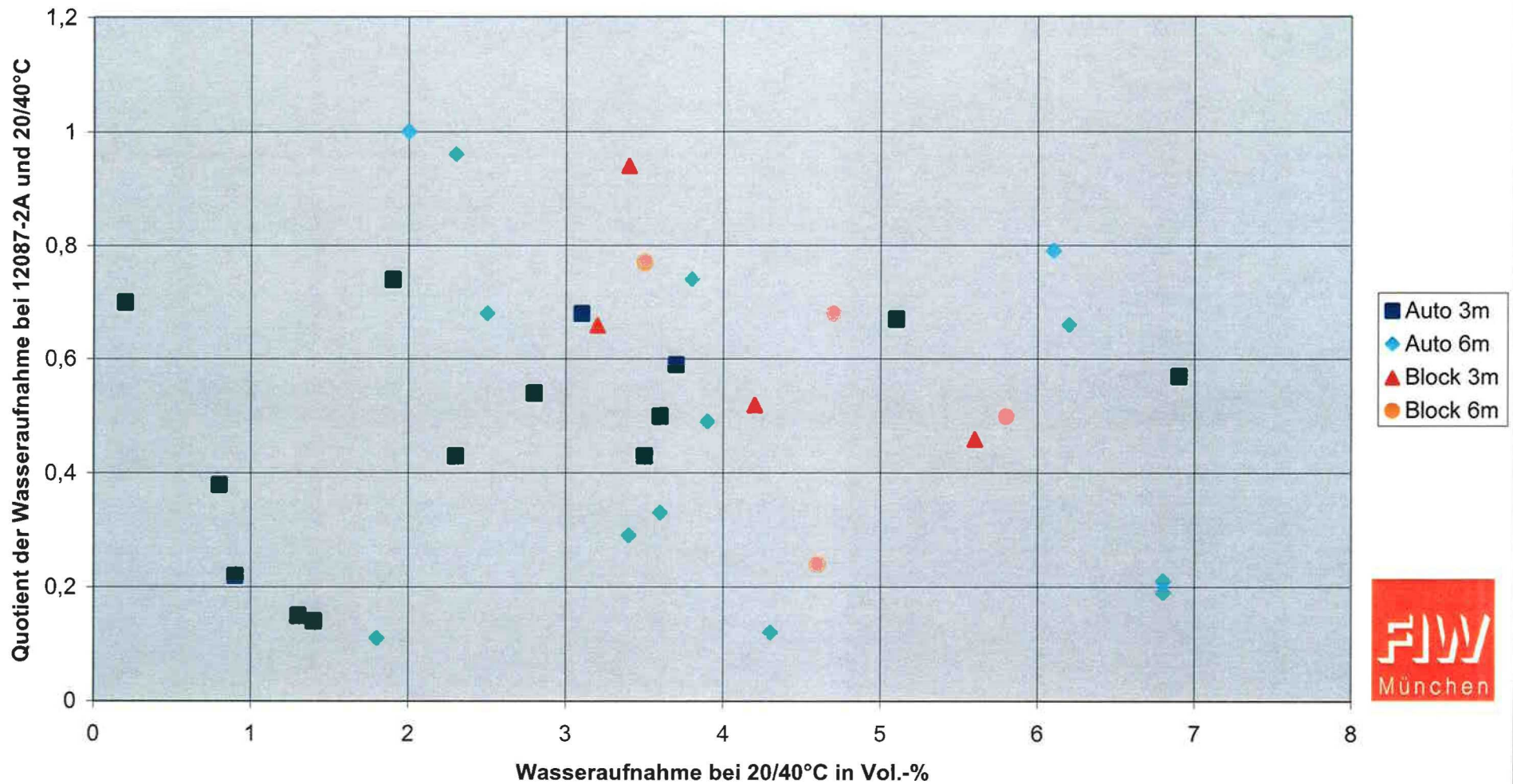
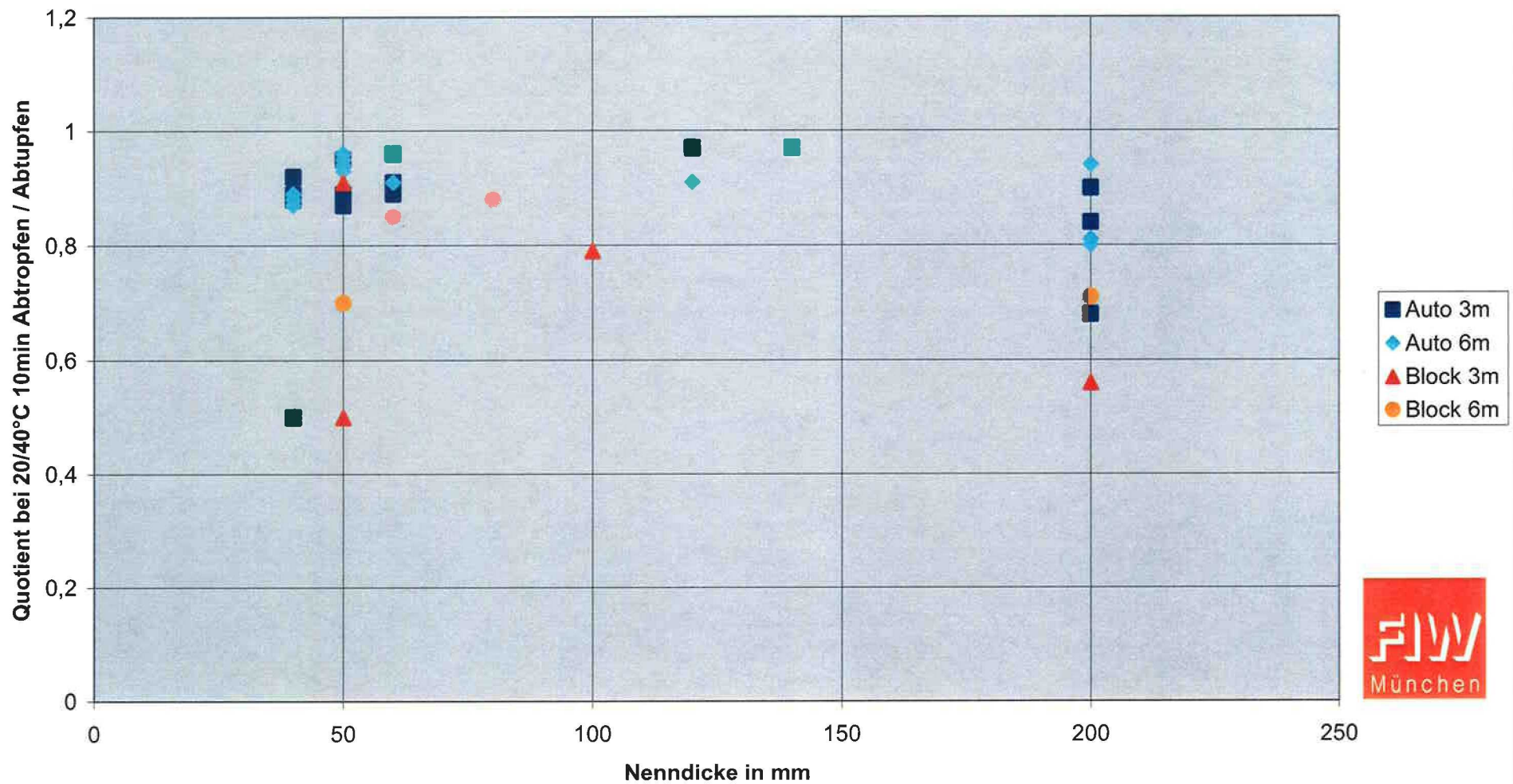


Abbildung 10: Untertauchversuch 20/40°C nach alten Zulassungen:
Quotient der Wasseraufnahme nach 10 min Abtropfen / Abtupfen der Oberfläche über Nenndicke



**Abbildung 11: Untertauchversuch 20/40°C nach alten Zulassungen:
Quotient der Wasseraufnahme nach 10 min Abtropfen / Abtupfen der Oberfläche über Rohdichte**

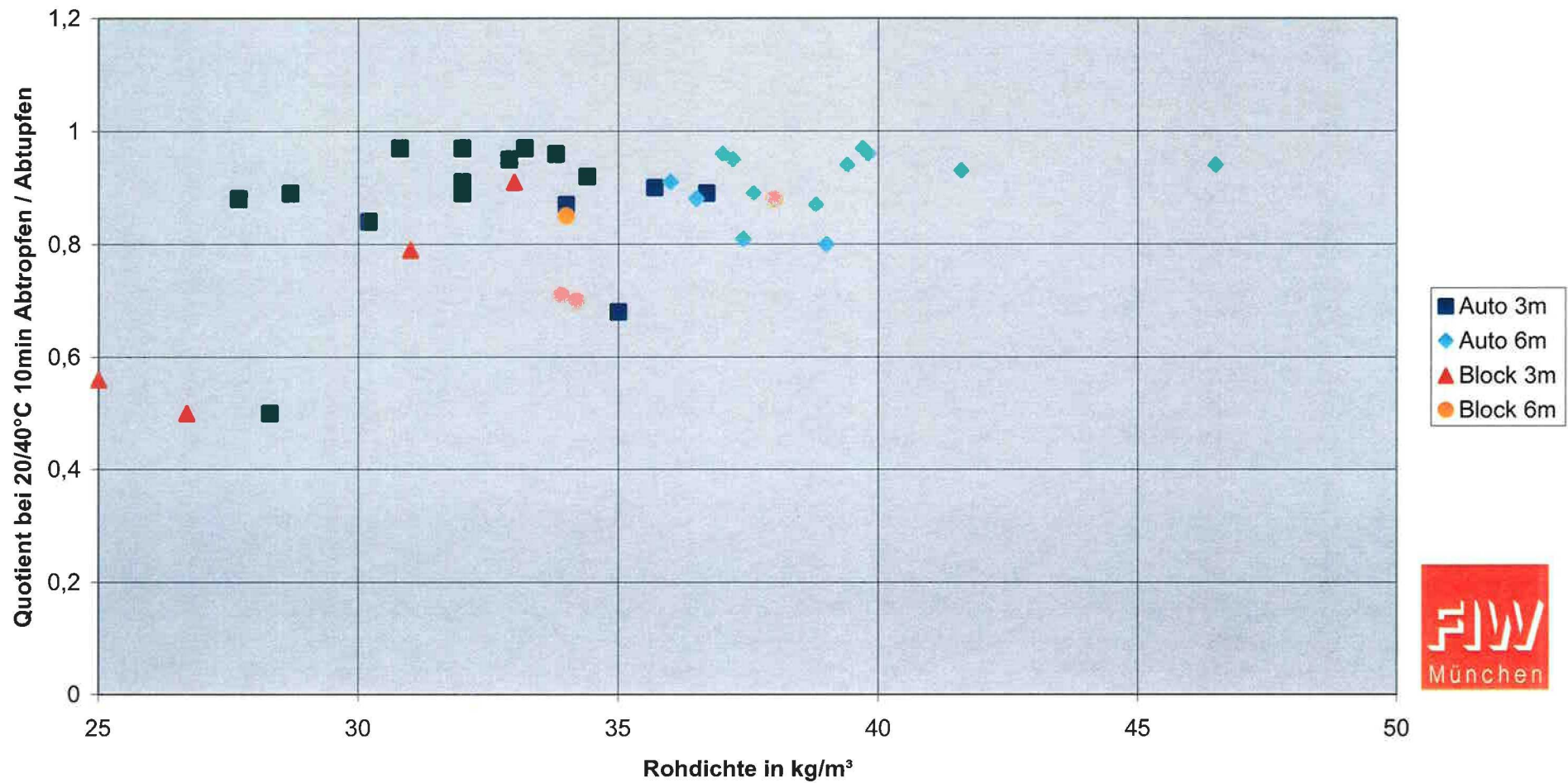


Abbildung 12: Untertauchversuch 20/40°C nach alten Zulassungen:
Quotient der Wasseraufnahme nach 10 min Abtropfen / Abtupfen der Oberfläche über 20/40°C

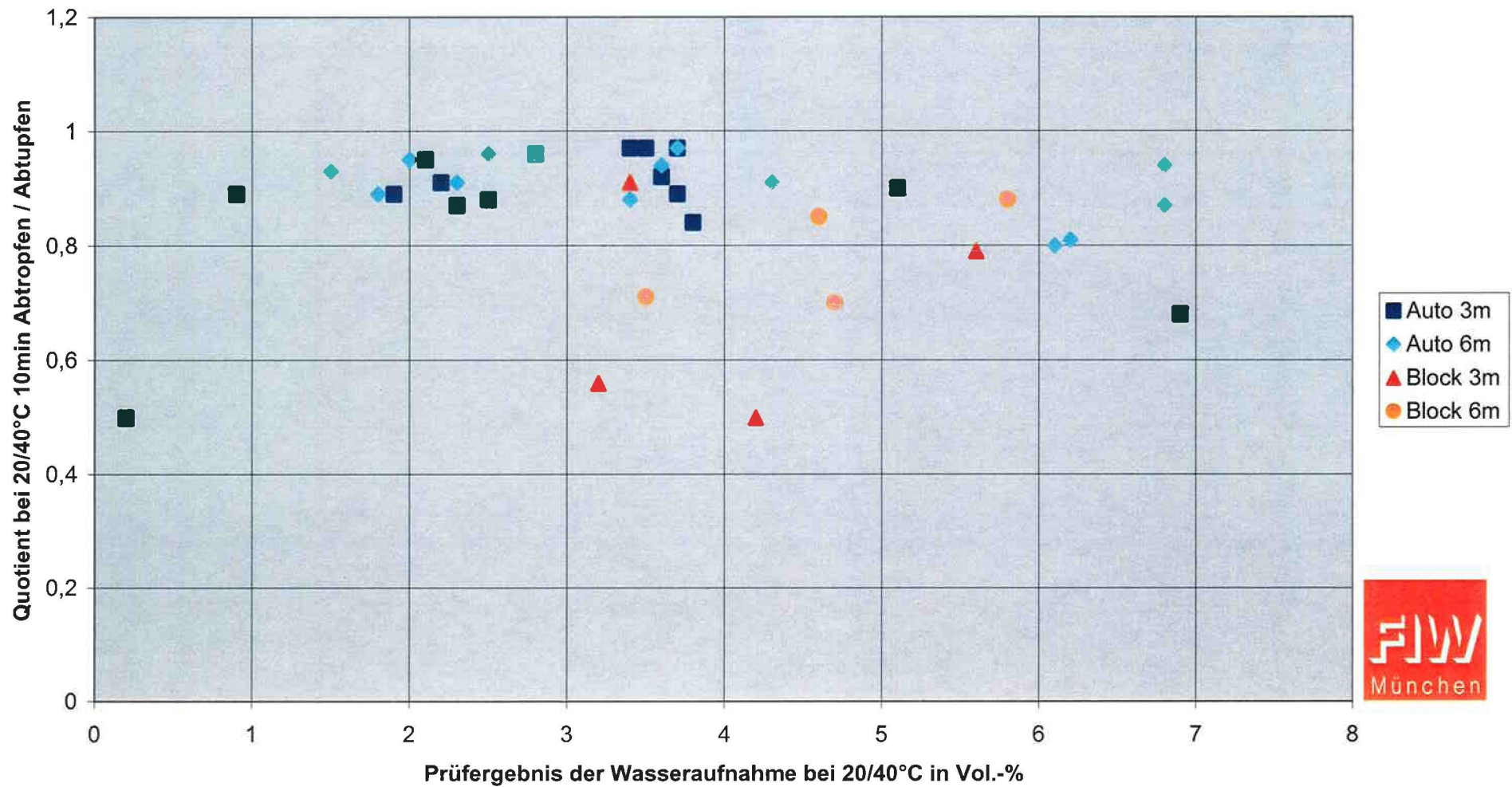


Abbildung 13: Wasseraufnahme bei völligem Eintauchen nach DIN EN 12087-2A:
Quotient der Wasseraufn. nach 10 min Abtropfen / Abtupfen der Oberfläche über DIN EN 12087-2A

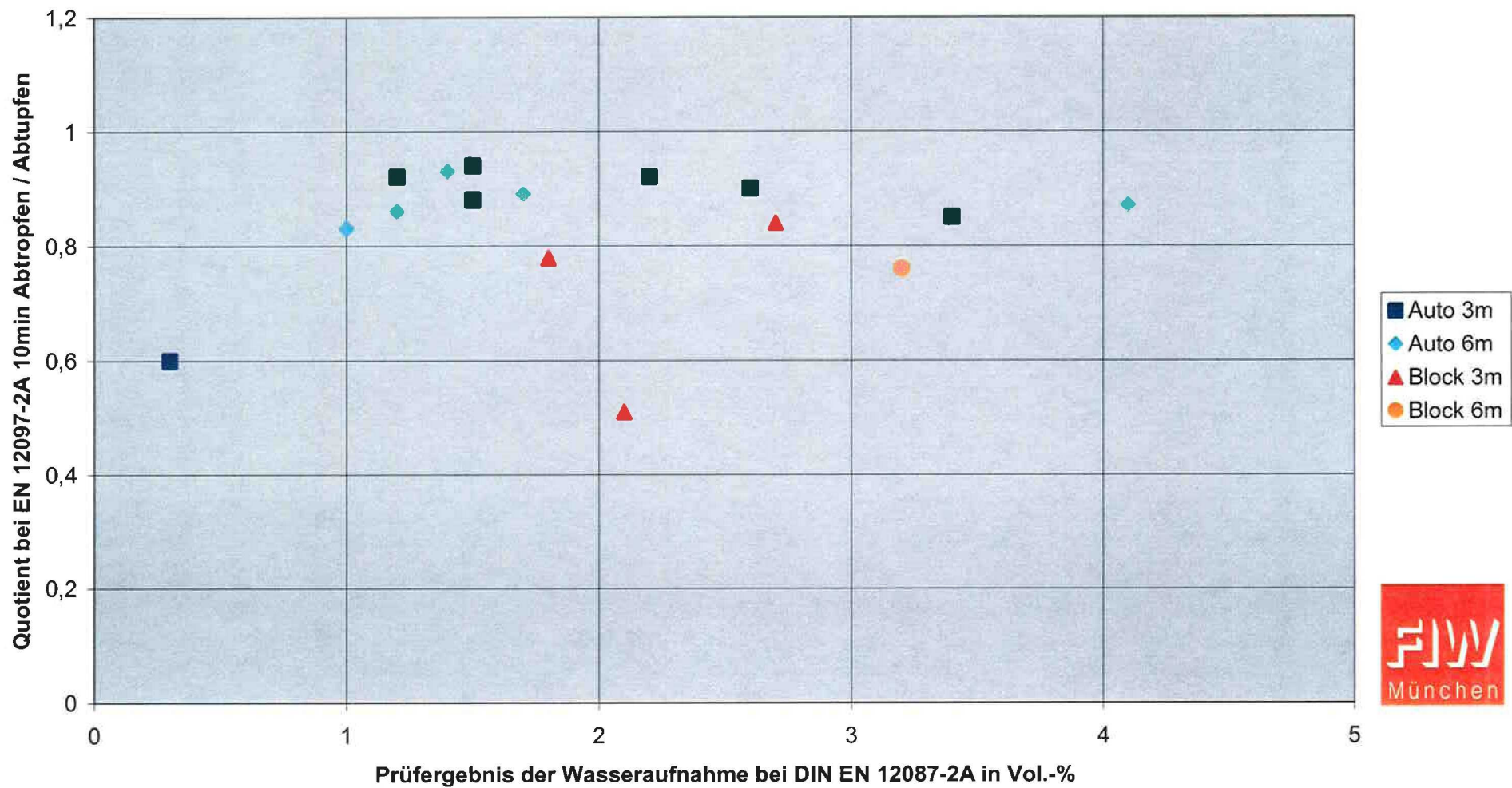


Abbildung 14: Prüfergebnisse der Wasseraufnahme durch Diffusion nach DIN EN 12088 von EPS- Perimeterdämmstoffen in Abhängigkeit von der Nenndicke

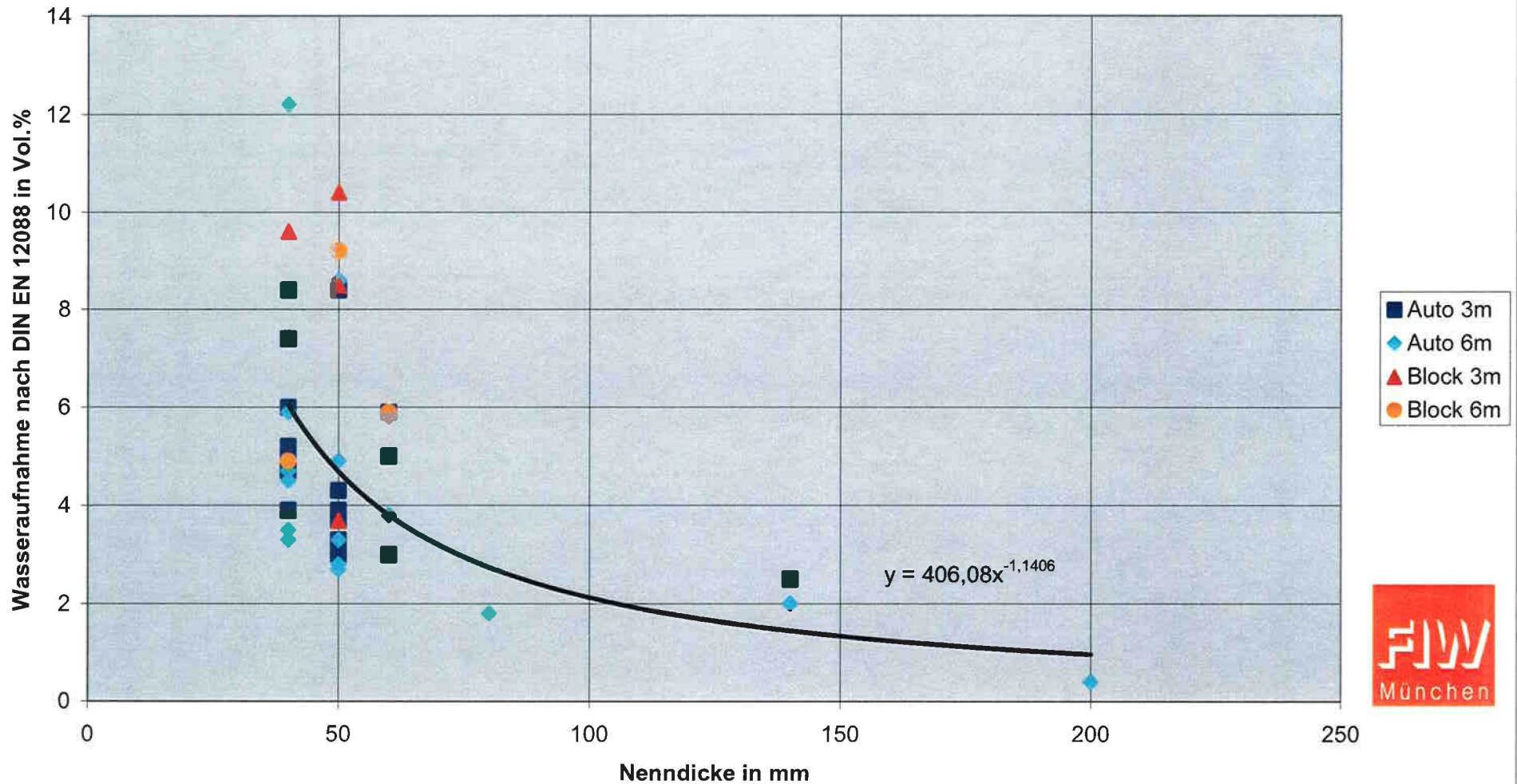


Abbildung 15: Prüfergebnisse der Wasseraufnahme durch Diffusion nach DIN EN 12088 von EPS- Perimeterdämmstoffen zwischen 40 mm und 60 mm Nenndicke über Rohdichte

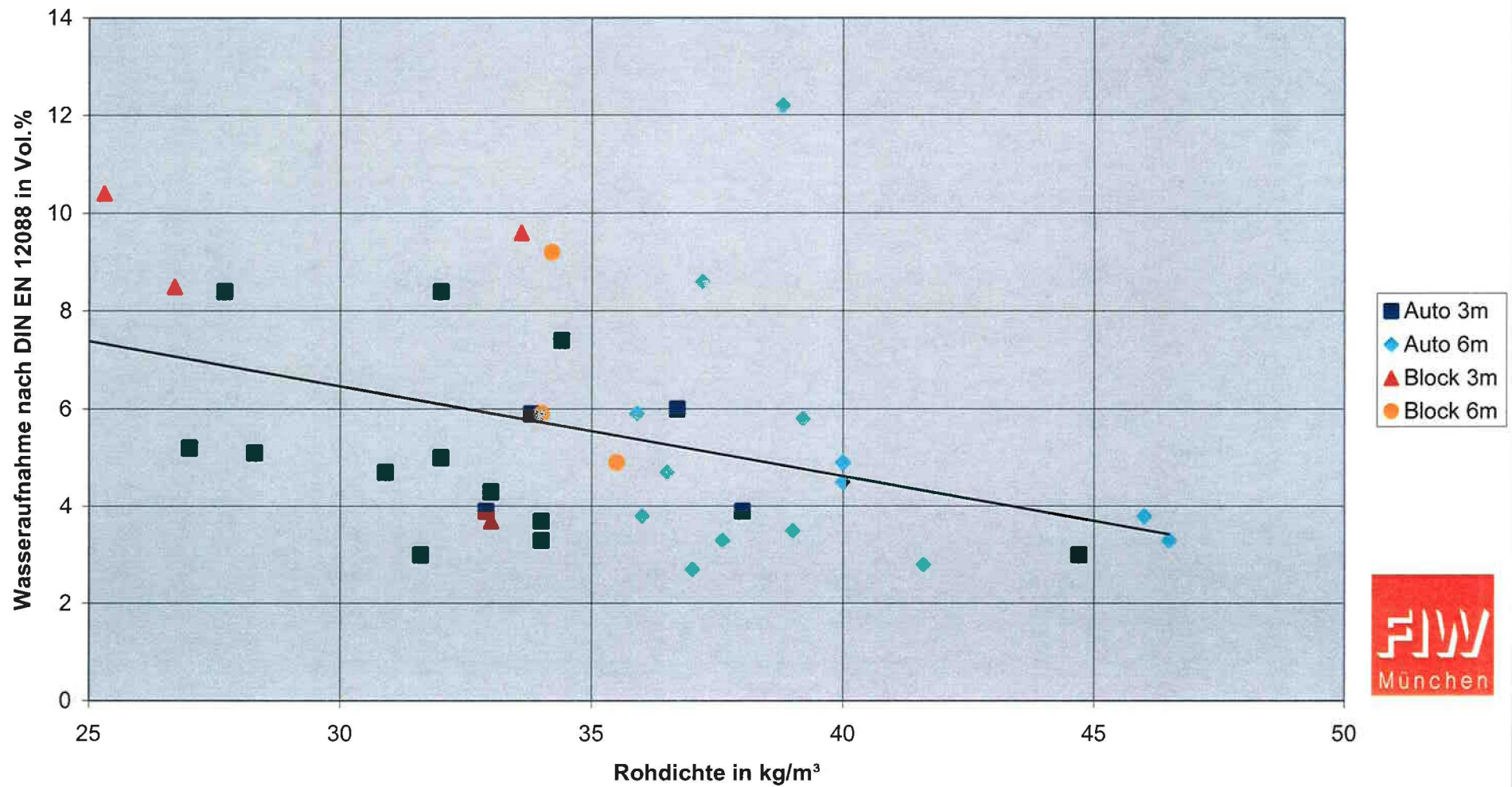


Abbildung 16: Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechselfersuch nach Diffusionsversuch über der Nenndicke

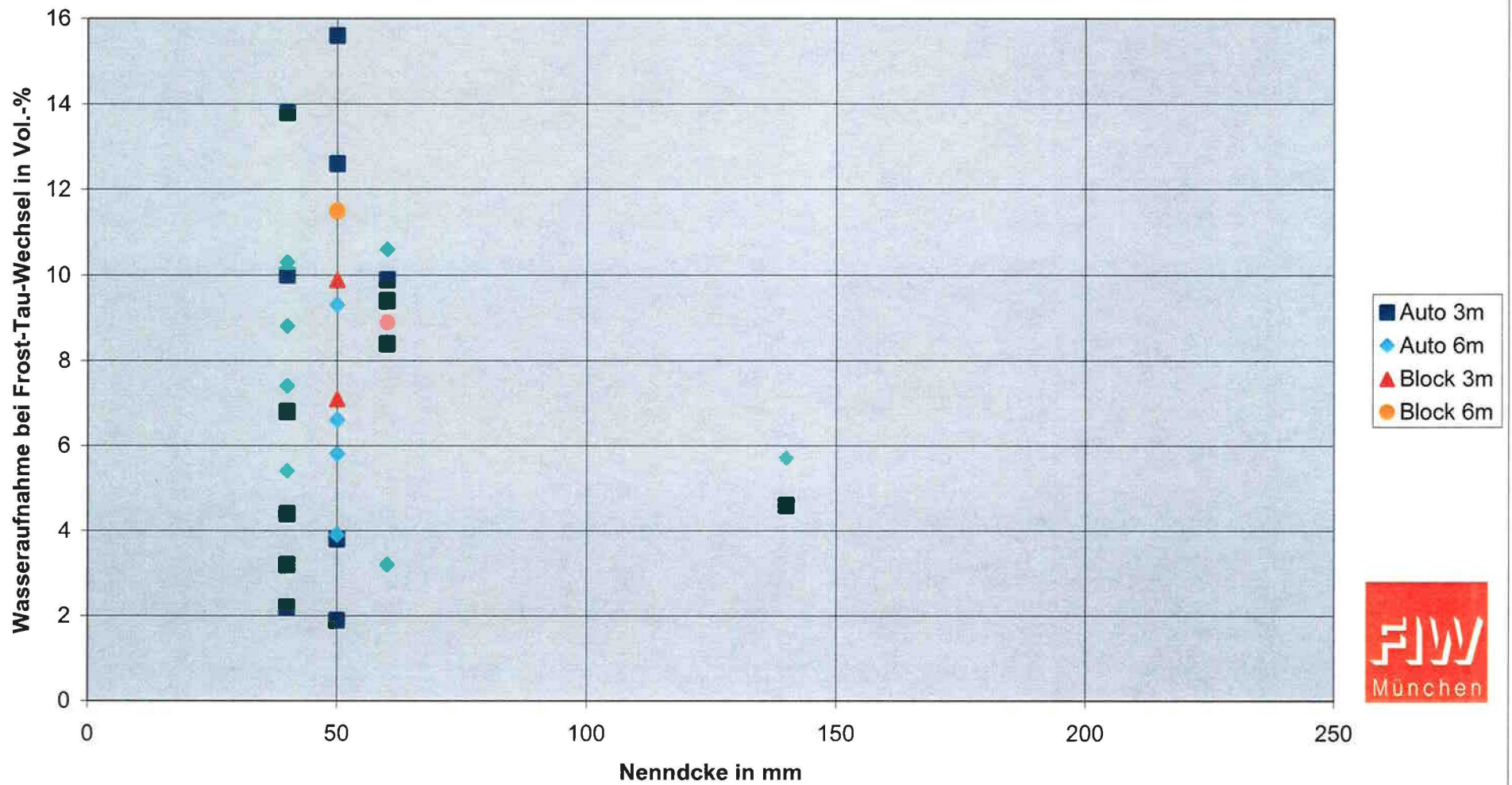


Abbildung 17: Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechselfersuch nach DIN EN 12091 nach völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A) über der Nenndicke

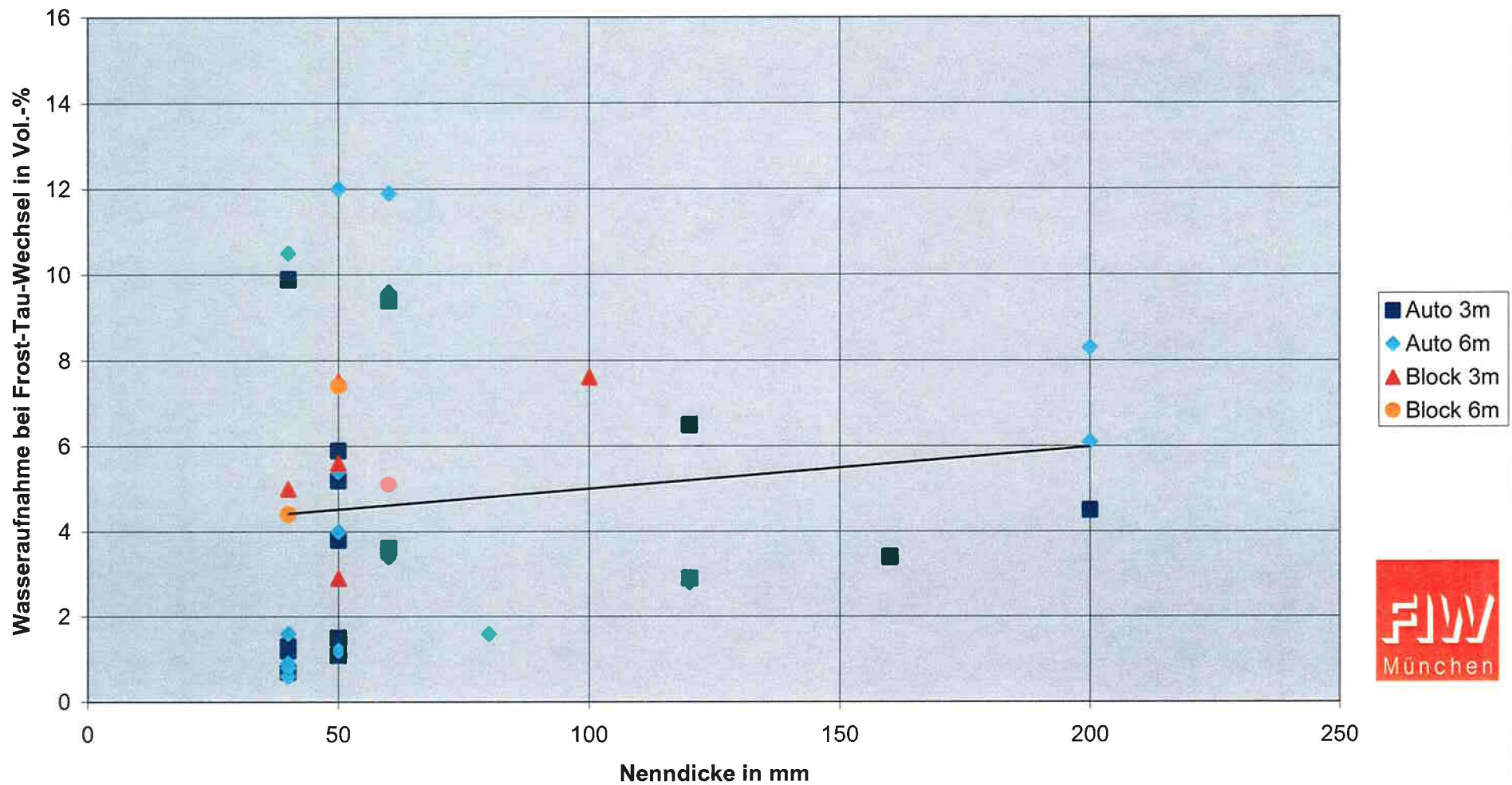


Abbildung 18: Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechselfersuch nach Diffusionsversuch über der Rohdichte

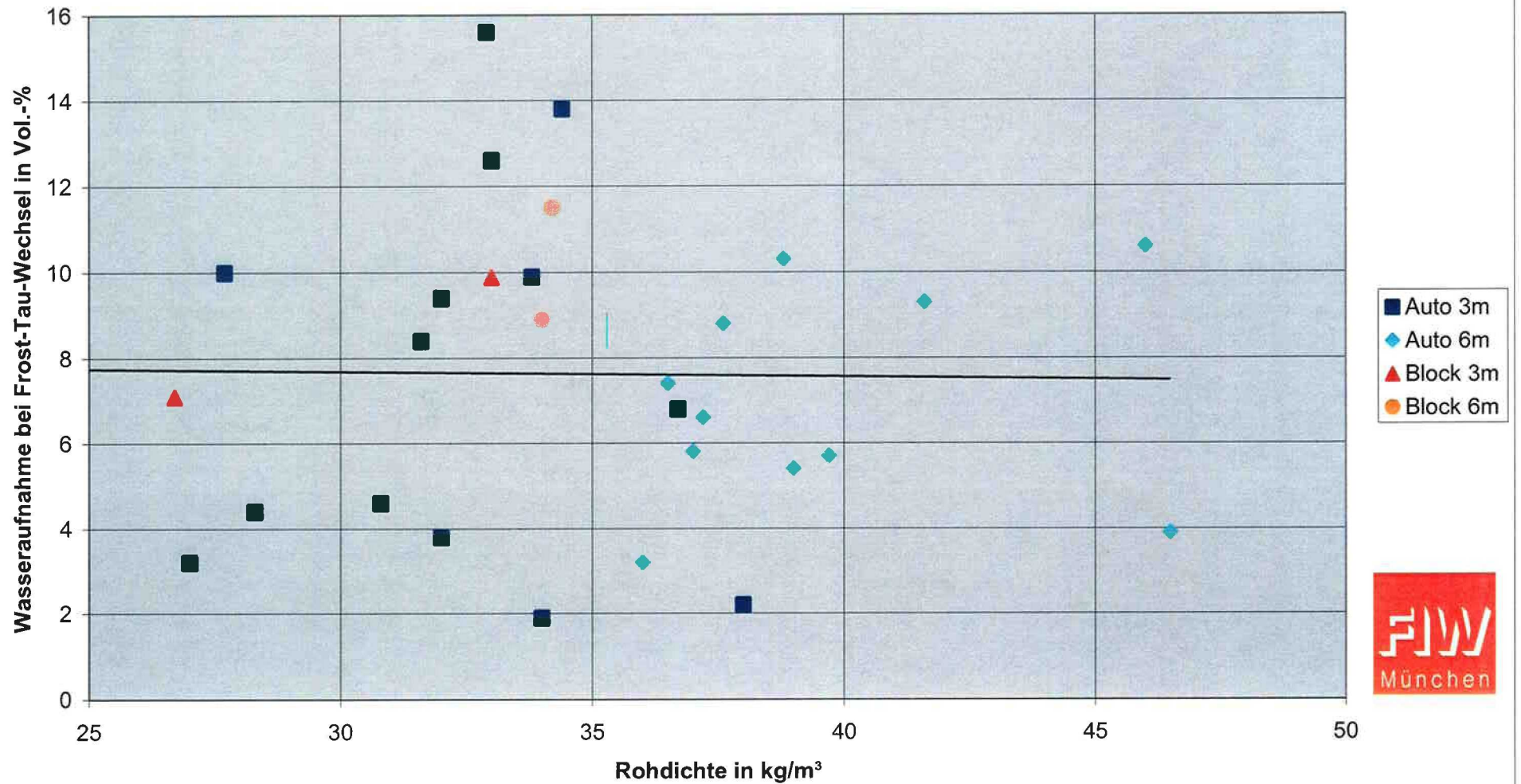


Abbildung 19: Wasseraufnahme beim Frost-Tau-Wechselfersuch nach DIN EN 12091 nach völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A) über der Rohdichte

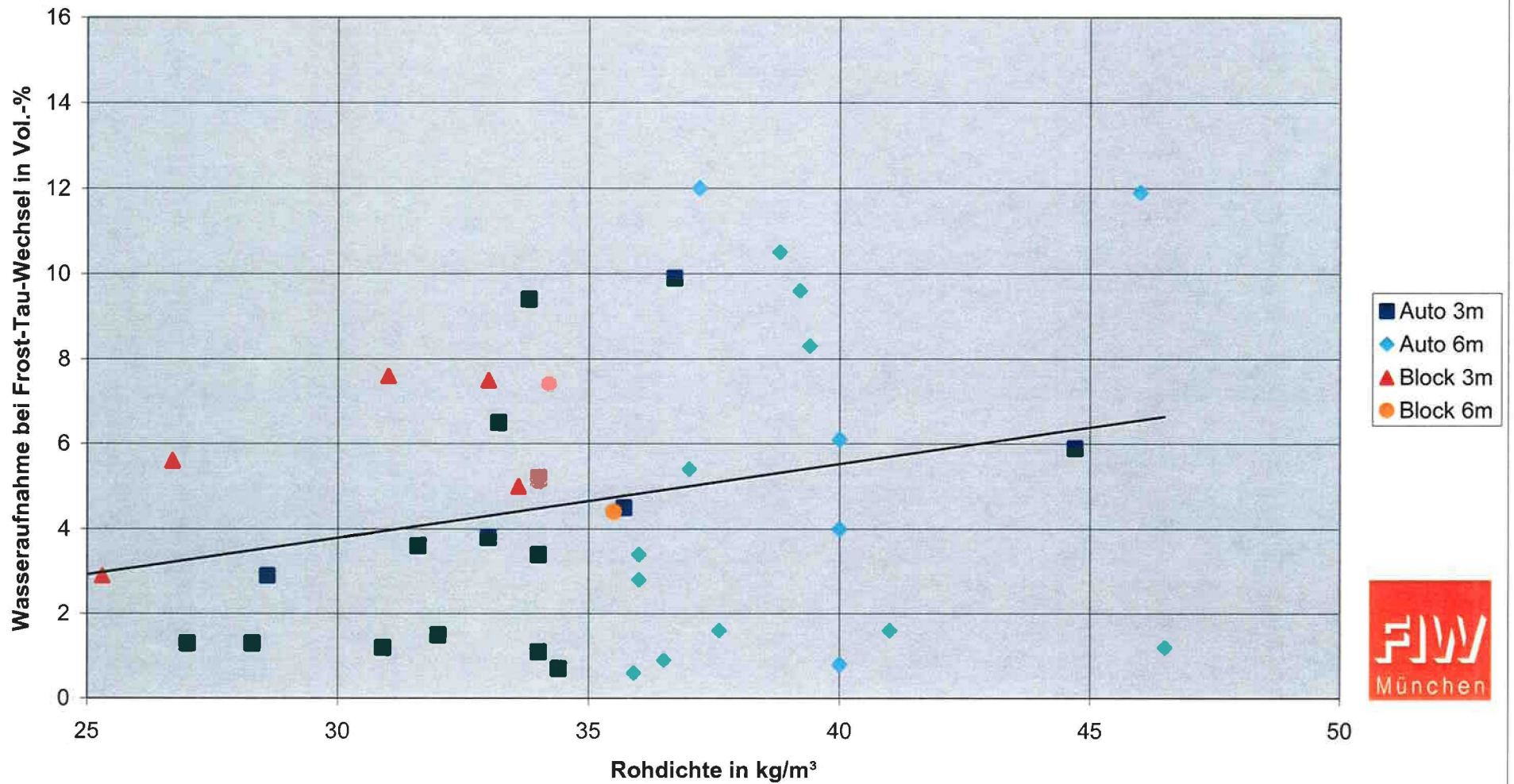


Abbildung 20: Wasseraufnahme bei Frost-Tau-Wechsel (F/T) nach völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A) über Wasseraufnahme bei Frost-Tau-Wechsel nach Diffusionsversuch

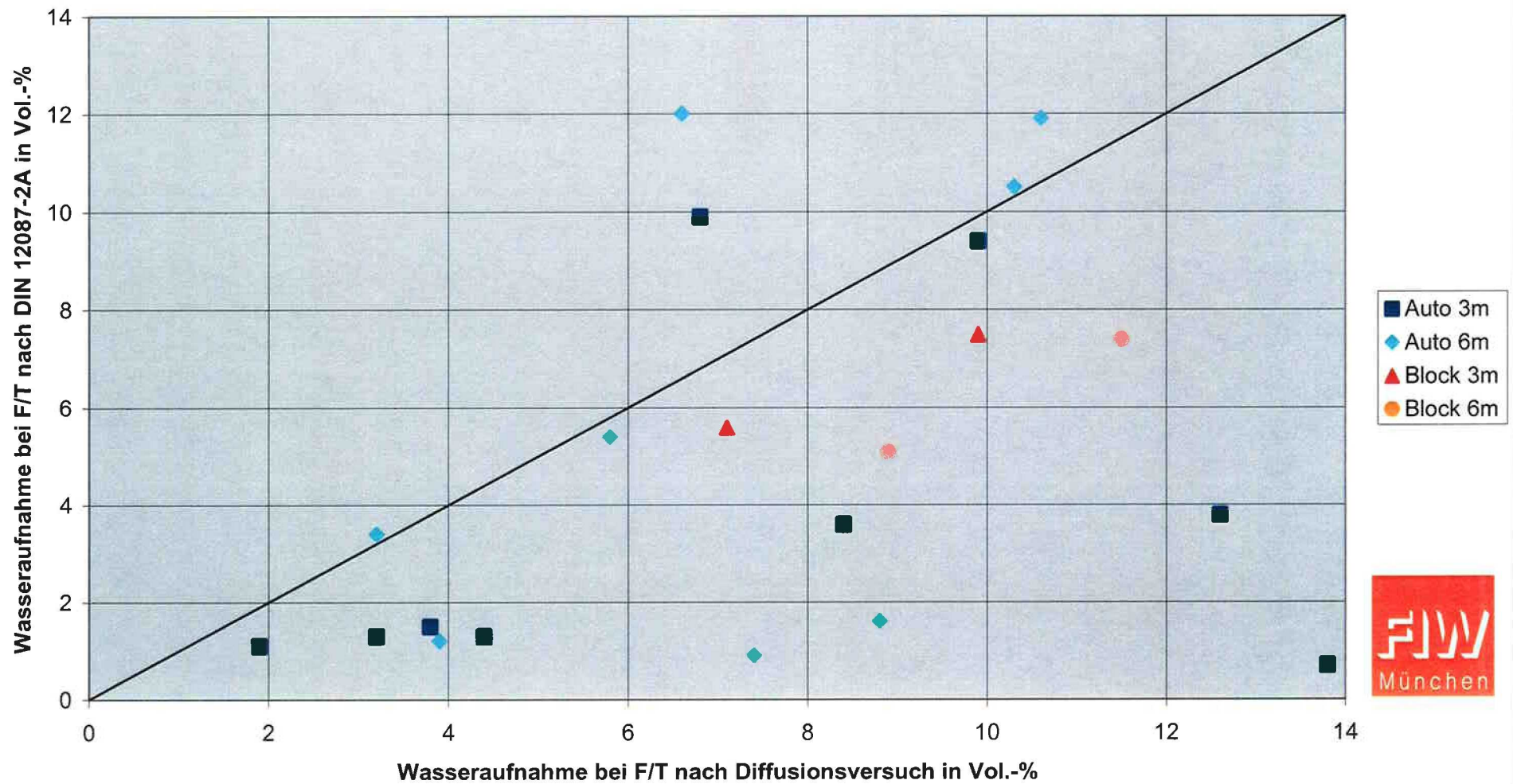


Abbildung 21: Wasseraufnahme bei Frost-Tau-Wechselbeabspruchung (F/T) nach völligem Eintauchen (DIN EN 12087-2A) über dem Prüfergebnis der Wasseraufnahme nach DIN EN 12087-2A

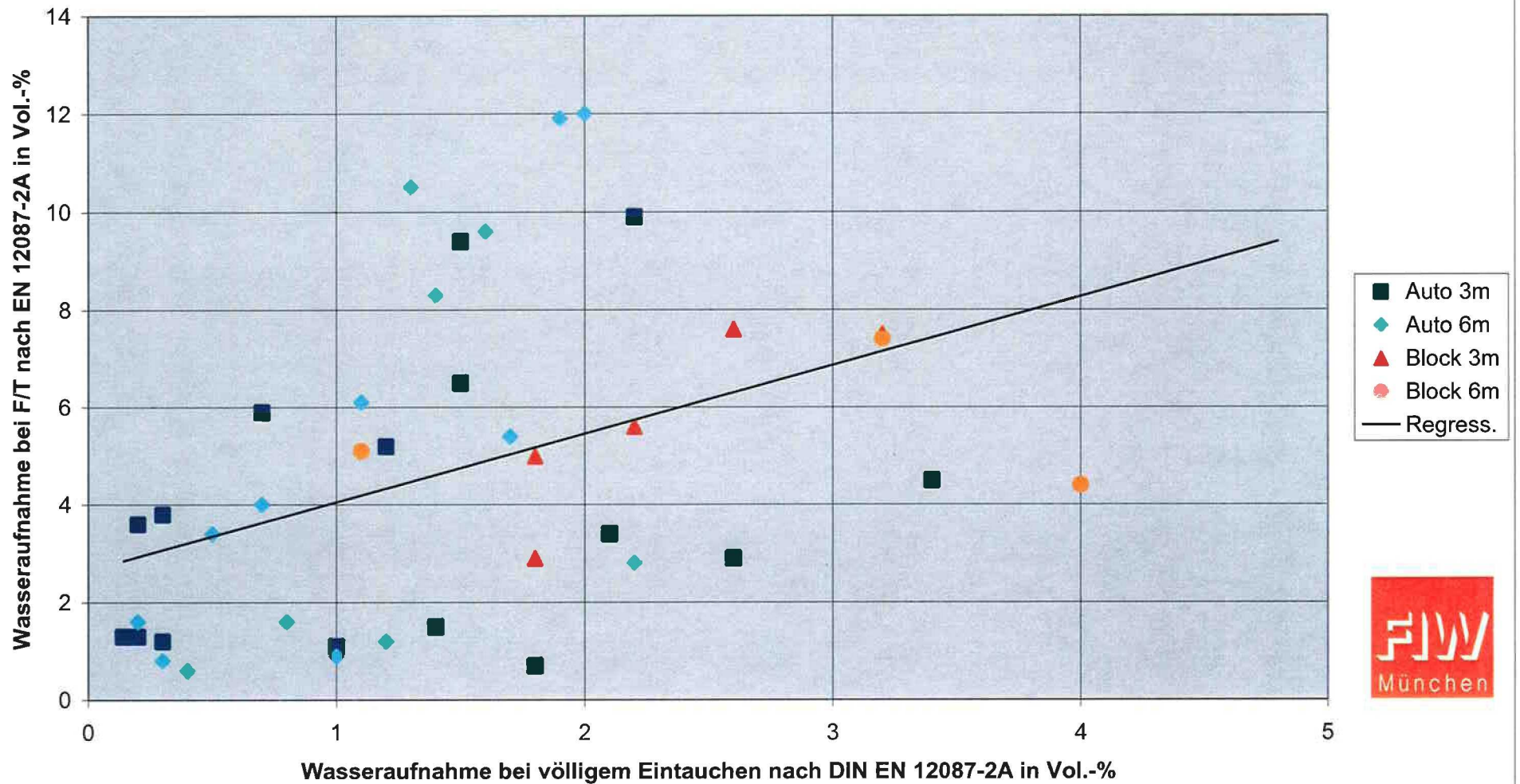


Abbildung 22: Druckspannung bei 10 % Stauchung von Perimeterdämmstoffen aus EPS im Anlieferungszustand in Abhängigkeit von der Rohdichte

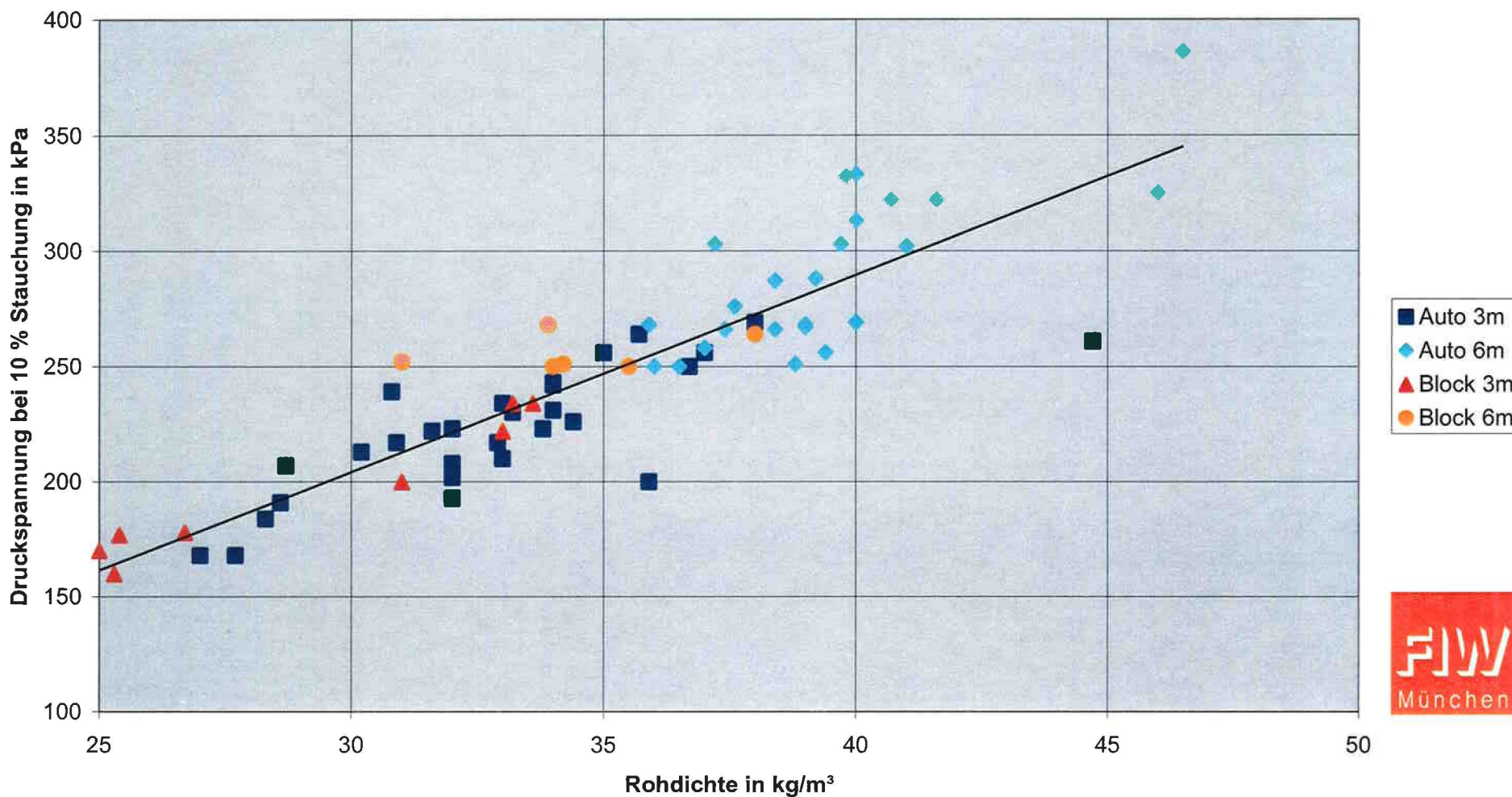
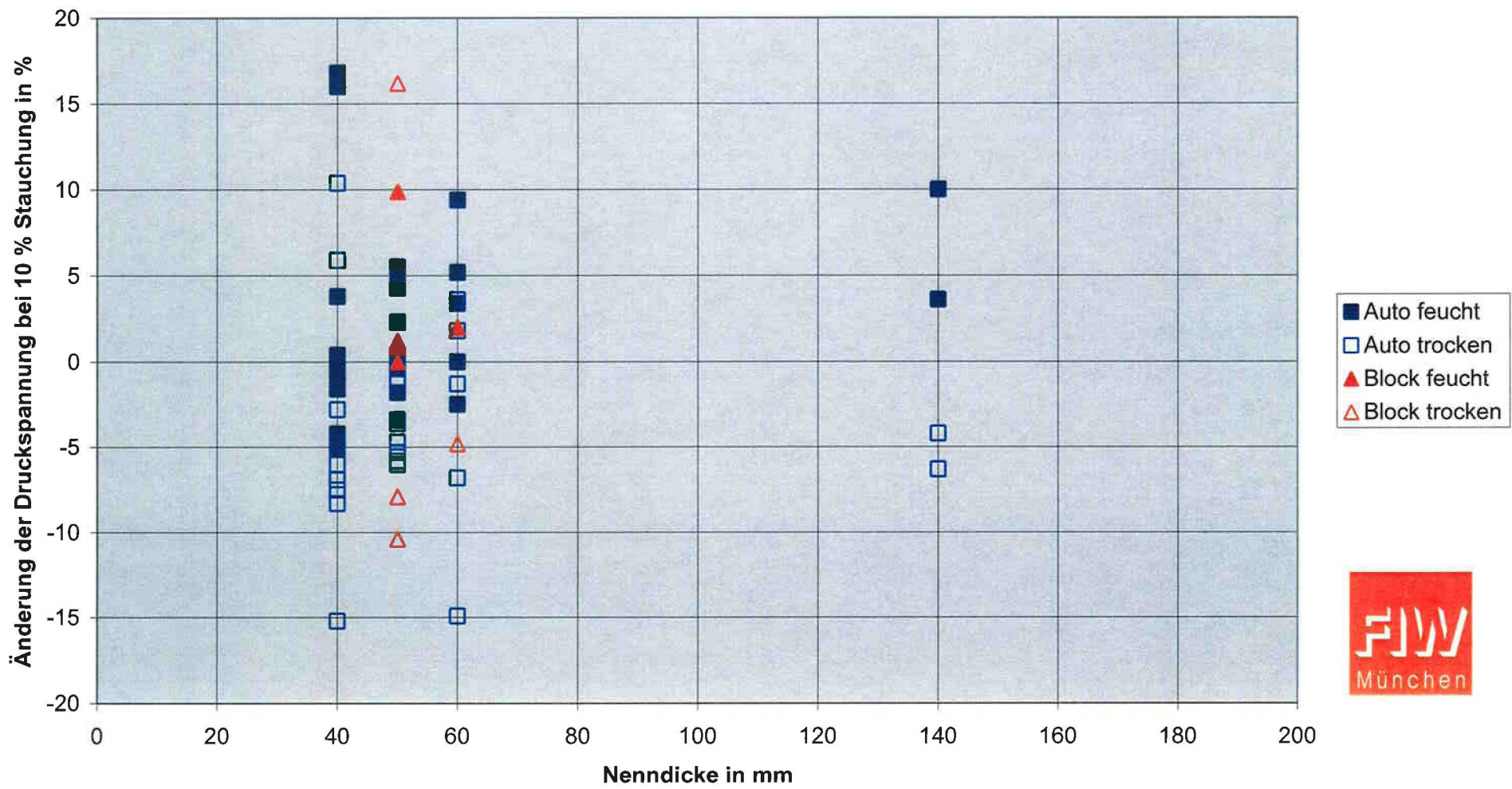


Abbildung 23: Prozentuale Änderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach Diffusionsversuch in Abhängigkeit von der Nenndicke



- Auto feucht
- Auto trocken
- ▲ Block feucht
- △ Block trocken



Abbildung 24: Prozentuale Änderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen in Abhängigkeit von der Nenndicke

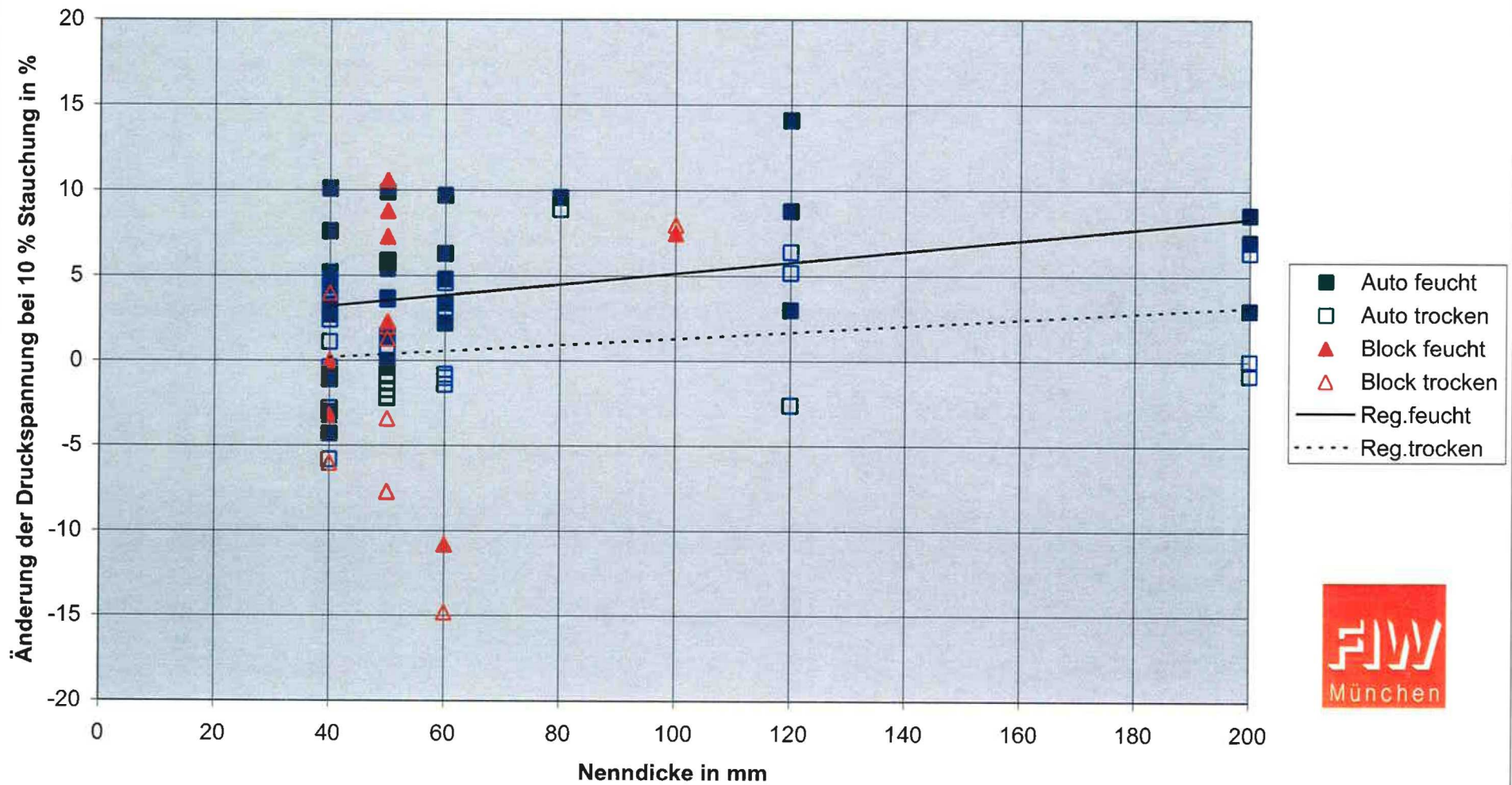


Abbildung 25: Prozentuale Änderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach Diffusionsversuch in Abhängigkeit von der Rohdichte

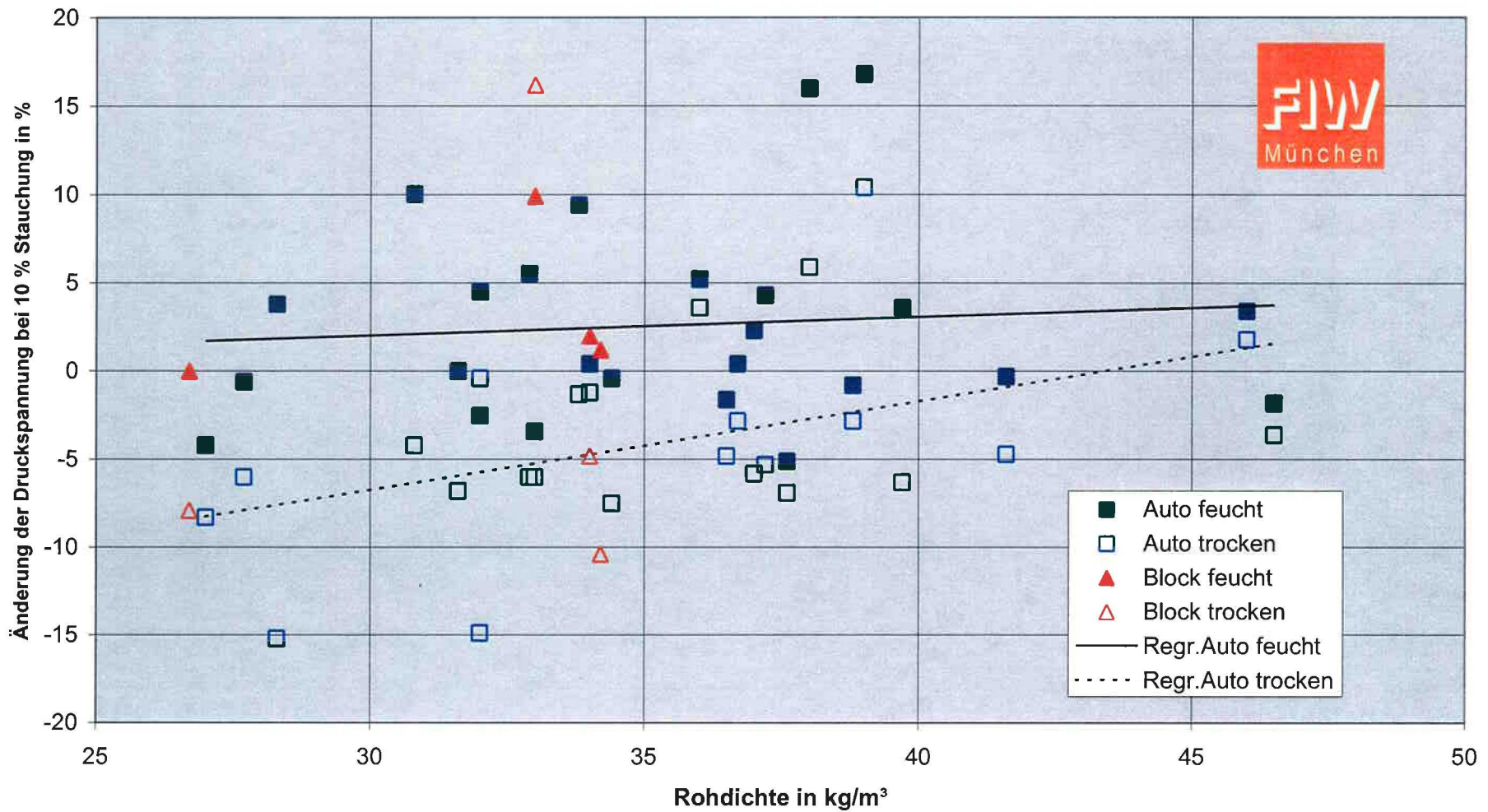


Abbildung 26: Prozentuale Änderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen in Abhängigkeit von der Rohdichte

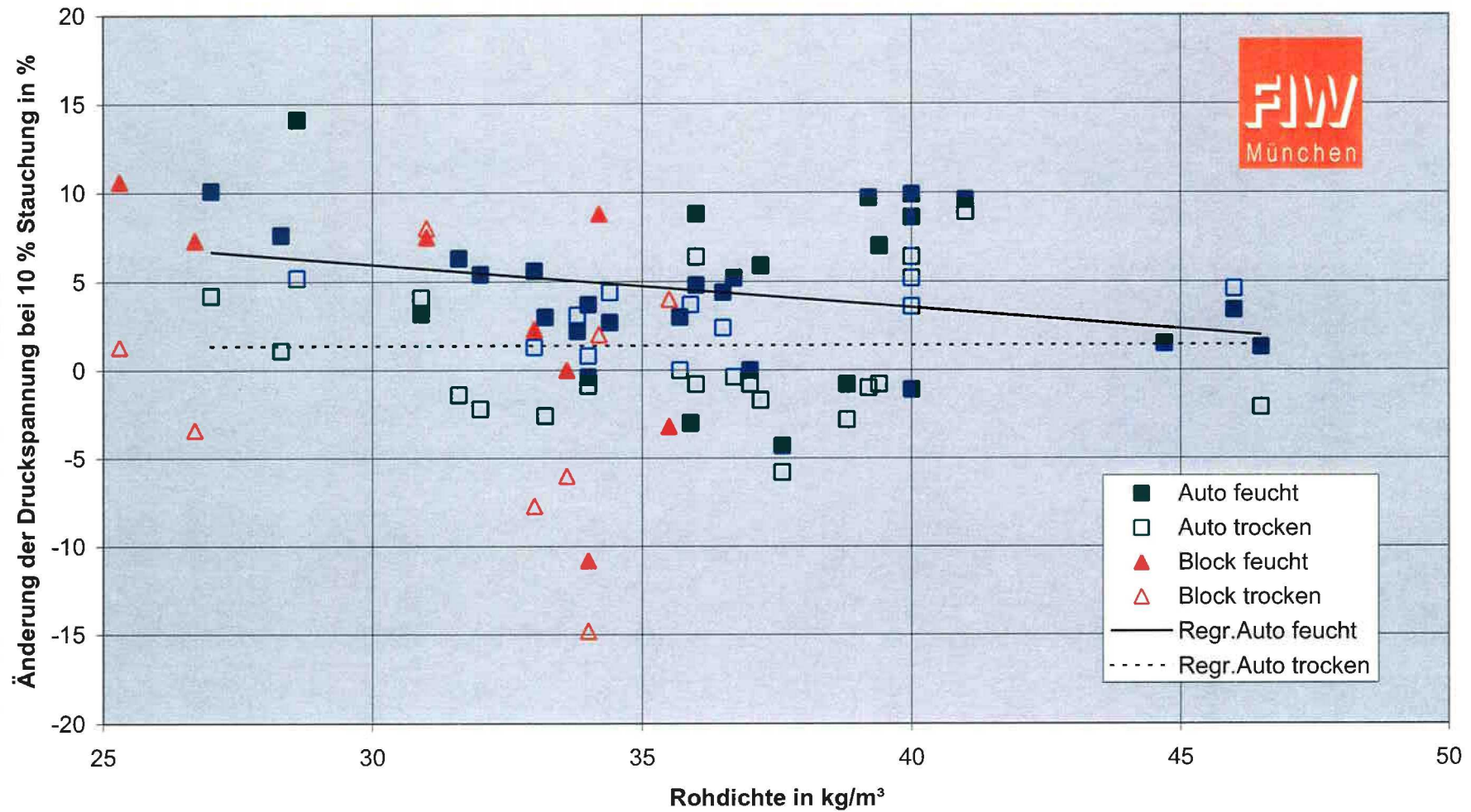


Abbildung 27: Prozentuale Änderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach Diffusionsversuch in Abhängigkeit von der Feuchteaufnahme beim Frost-Tau-Wechselversuch

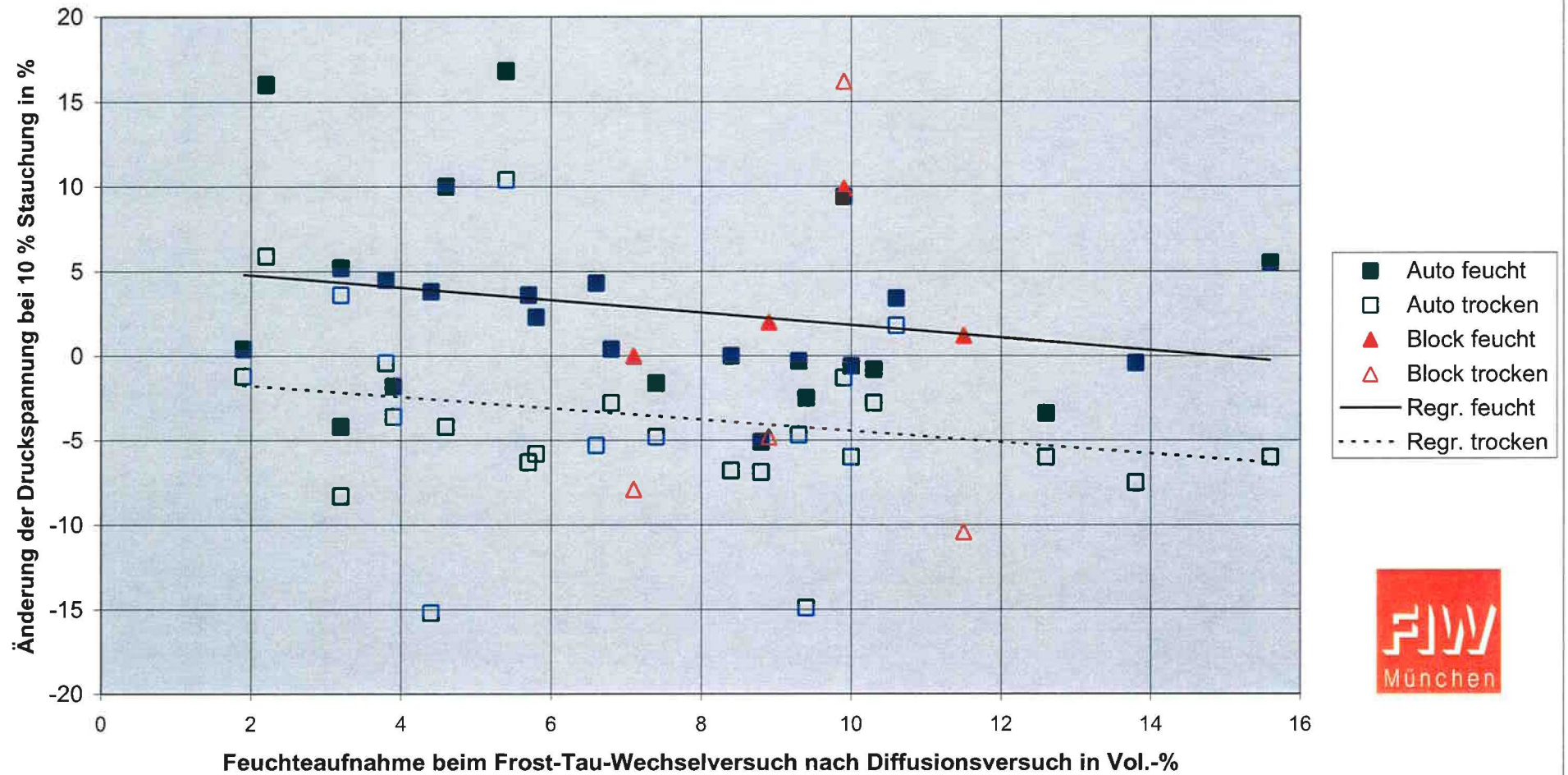


Abbildung 28: Prozentuale Änderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen (EN 12087-2A) in Abhängigkeit von der Feuchteaufnahme beim Frost-Tau-Wechselversuch

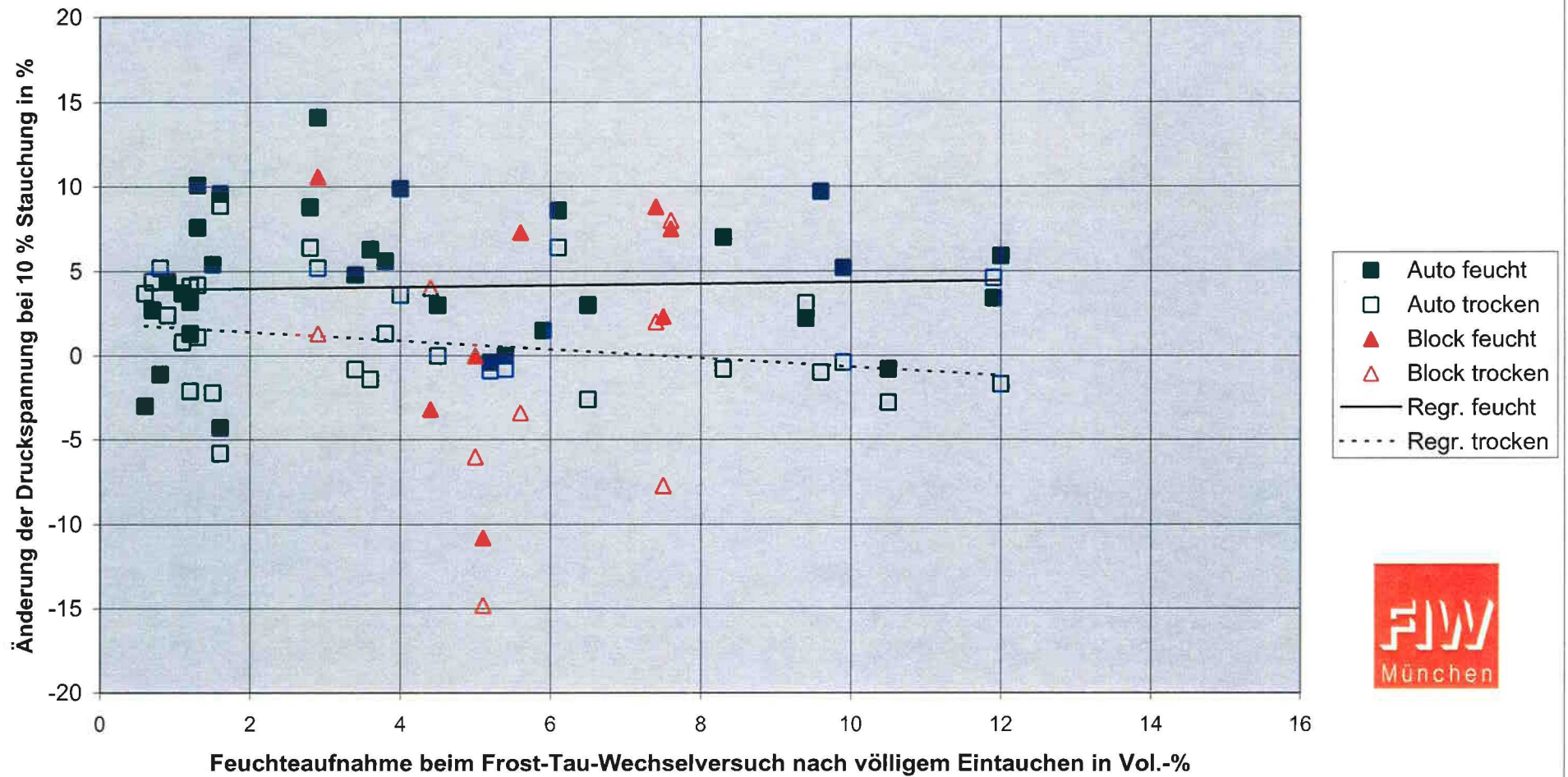


Abbildung 29: Prozentualer Unterschied der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen (EN 12087-2A) gegenüber Frost-Tau-Wechsel nach Diffusionsversuch in Abhängigkeit von der Nenndicke

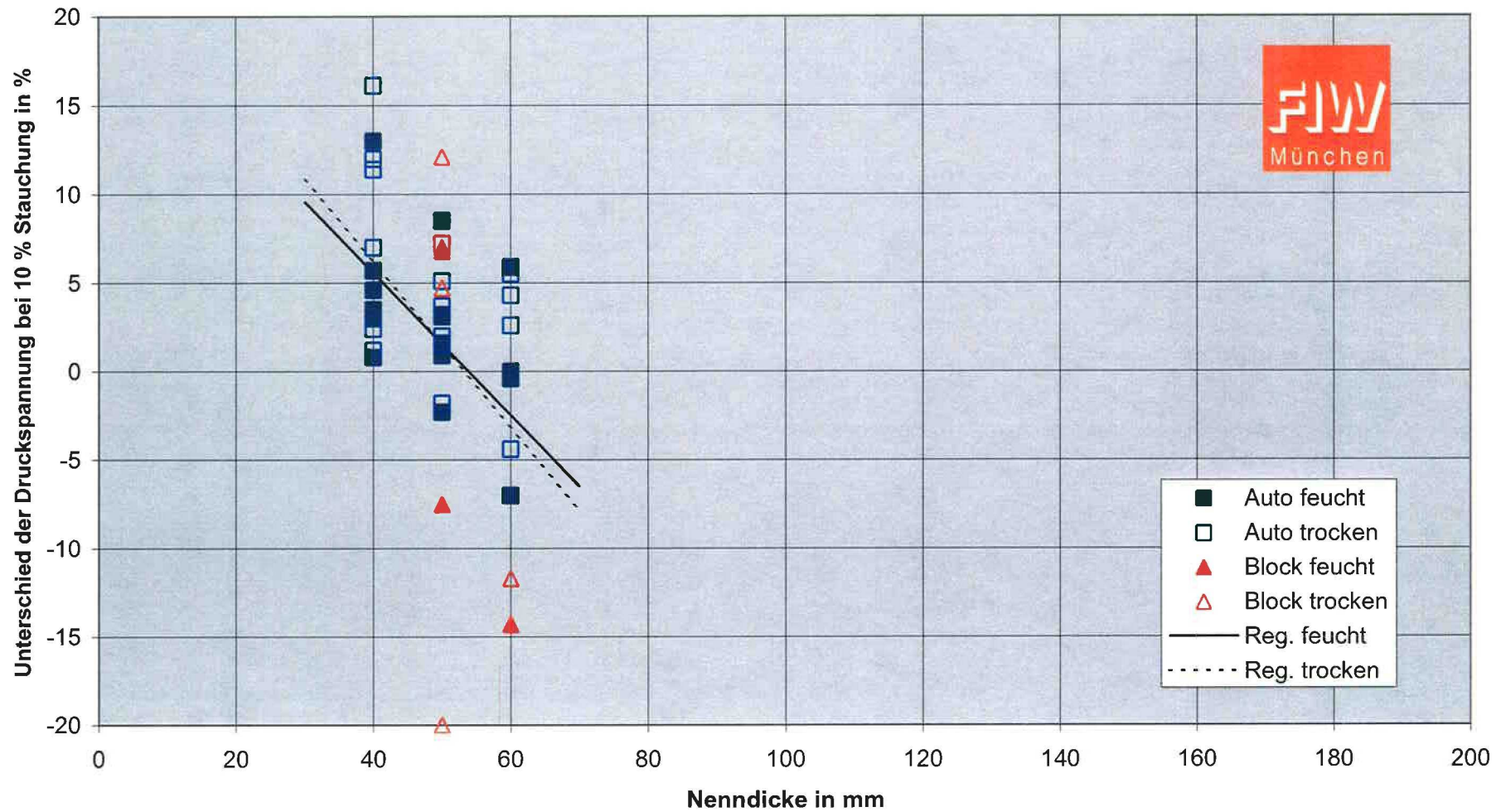


Abbildung 30: Prozentualer Unterschied der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung nach völligem Eintauchen (EN 12087-2A) gegenüber Frost-Tau-Wechsel nach Diffusionsversuch in Abhängigkeit von der Rohdichte

