

Analyse der klimatischen Verhältnisse in Kriechkellern unter gedämmten Holzbodenplatten



Norman Werther, Stefan Winter

Hochgedämmte Holzbodenplatten über Kriechkellerkonstruktionen als unterer Abschluss eines Gebäudes kamen in den letzten Jahren im Bereich des Wohn- und Zweckbaus in Holzbaubweise vermehrt zur Anwendung. Fehlende Kenntnis zu den im Kellerbereich herrschenden Mikroklimabedingungen und die sich daraus ergebenden Nutzungsrandbedingungen für Holz und Holzwerkstoffe führten zu unterschiedlichen Konstruktionsformen. Mittels Langzeitmessungen in Feld- und Laborversuchen wurden Konstruktionsprinzipien entwickelt, die einen dauerhaften Einsatz von Holzbodenplatten über belüfteten Kriechkellern sicherstellen. Eine Einstufung der Holzkonstruktion in die Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800 ist möglich.

Einleitung

Gedämmte Holzbodenplatten auf umlaufenden Streifenfundamenten mit darunter befindlichen belüfteten Hohlräumen, sogenannte Kriechkeller, zählen in Deutschland nicht zu den alltäglichen Konstruktionsformen im Holzbau. Für Holzbaubetriebe und Architekten stellen sie jedoch eine mögliche Alternative zur Stahlbeton-Bodenplatte dar (vgl. Abb. 1 und 2). In Nordamerika, Schottland, den Niederlanden und vor allem in Skandinavien ist diese Konstruktionsform weit verbreitet und zählt dort seit Jahrzehnten für Zweck- und Wohnungsbauten zum allgemeinen Baustandard. In Deutschland wurden Holzbodenplatten über Kriechkellern in der Vergangenheit bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit als ein kritisches Bauteil angesehen, was basierend auf eingetretenen Schadensfällen der 70-er Jahre auch gerechtfertigt schien [1]. Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden nur wenige Bemühungen unternommen, die damals getroffenen Aussagen im Hinblick auf den jetzigen Stand der Technik zu überprüfen. Vor allem hohe Dämmstandards, die luftdichte Ausführung der Konstruktion, feuchteresistente Plattenwerkstoffe und qualitativ hochwertiges und trocken verbautes Holz bieten dabei bessere Voraussetzungen und Möglichkeiten, eine dauerhaft schadensfreie Konstruktion zu erstellen. Internationale Untersuchungen, besonders aus dem skandinavischen Raum [2], und erste Objektmessungen der MFPA Leipzig [3, 4] zeigten zugleich vielversprechende Lösungsansätze.

Experimentelle Untersuchungen

Zur Bestätigung und Übertragung der vorgenannten Ergebnisse auf deutsche Klimarandbedingungen wurde ein Forschungsvorhaben auf der Basis systematischer Labor- und Feldversuche an der MFPA Leipzig und dem Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TU München durchgeführt.

Laborversuchsstand

Für die Untersuchungen im Labormaßstab wurde ein Versuchsstand errichtet, der über den Untersuchungszeitraum eine Variation spezifischer konstruktiver Randbedingungen erlaubte. Die Fundamente des Versuchstandes waren in sechs einzelne Kriechkellerkammern, mit einer Fläche von jeweils 6,25 m² unterteilt. Darüber wurde eine Holzbodenplatte mit einem mittleren U-Wert von $U_m = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Abb. 3) aufgelegt. Oberhalb der Bodenplatte befand sich der klimatisierte Messraum des Versuchsstandes, der während der Untersuchungen ein mittleres Klima von 20 °C und 50 % relative Luftfeuchte aufwies. Jeweils zwei Kriechkellerkammern wiesen die gleiche Bodenabdeckung auf, unterschieden sich jedoch in der kriechkellerseitigen Bekleidung der Bodenplatte. In den Versuchen wurden folgende drei Arten von Bodenabdeckungen in den Kammerbereichen untersucht:



Abb. 1: Verlegung einer Holzbodenplatte über Kriechkeller mit Streifenfundament

Fig. 1: Erection of wooden base plate over crawl space with strip foundation

- ohne Bodenabdeckung,
- mit Bodenabdeckung aus PE-Folie und zusätzlicher Grobkiesauflage sowie
- mit Bodenabdeckung aus PE-Folie und zusätzlicher XPS-Bodendämmung.

Als kriechkellerseitige Bekleidung der Holzbodenplatte wurde zwischen zementgebundenen Spanplatten und Holzweichfaserplatten des Typs SB.H nach DIN EN 622-4 unterschieden. In den Fundamentwänden wurden umlaufend Lüftungsöffnungen eingearbeitet, die in den beiden Untersuchungsperioden unter Berücksichtigung von Kleintierschutzgitter-Abdeckungen ein Netto-Belüftungsverhältnis je Kammer von $13,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ bzw. $4,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ -Grundfläche aufwiesen. Die Kammern waren bis auf Kammerbereiche mit gleichen Ausführungen im Bodenbereich luftdicht voneinander getrennt.

Über den Untersuchungszeitraum waren somit Aussagen zum Einfluss der Bodenabdeckung in den Kammerberei-



Abb. 2: Wohnhaus mit Holzbodenplatte über Kriechkeller

Fig. 2: Residential building with wooden base plate and crawl space

chen, zum notwendigen Belüftungsverhältnis und zur Art der kriechkellerseitigen Bekleidung möglich. Als Messgrößen dienten sowohl das Umgebungs-, Raum- und Kriechkellerklima mit Temperaturen und relativen Luftfeuchten sowie Strömungsgeschwindigkeiten und Niederschlagsmengen als auch die Materialfeuchten der Hölzer und Holzwerkstoffe mit Überprüfung des Risikos eines Schimmelbefalls.

Feldversuche

Ergänzend zu den Versuchen am Laborversuchsstand wurden weiterführende, deutschlandweite Untersuchungen an bereits bestehenden Objekten mit Kriechkellern durchgeführt. Durch ähnliche konstruktive Aufbauten der gewählten Objekte konnte der Einfluss der vorgefundenen Randbedingungen auf das Kriechkellerklima und dessen Auswirkung auf die Konstruktion vergleichend beurteilt werden. Dafür wurden in den Wohngebäuden im Bereich des Kriechkellers, des Wohnraums und des Außenbereichs Datenlogger installiert, welche die Temperaturen und Luftfeuchten über den Untersuchungszeitraum aufzeichneten.

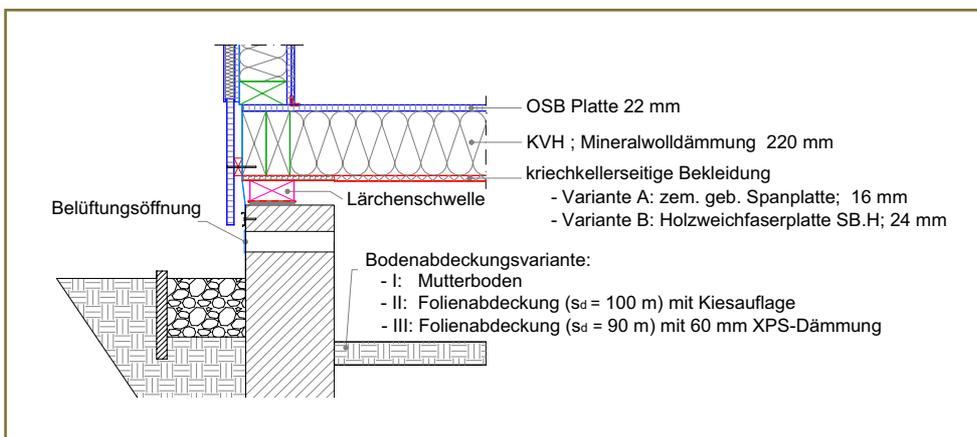


Abb. 3: Konstruktiver Aufbau der Bodenplatte und des Kriechkellers im Laborversuch

Fig. 3: Cross section of test room and wooden base plate

Ergebnisse

In den Untersuchungen wiesen alle Objekte eine eindeutige Beziehung zwischen Außenklima und Kriechkellerklima auf. Die Belüftung führte über den Jahresverlauf hinweg zu sinusförmigen Temperaturverläufen im Kriechkeller, die im Vergleich zur Außentemperatur jedoch eine deutliche Amplitudendämpfung aufwiesen. Zurückgeführt werden konnte dies



Abb. 4: Schimmelbefall im Laborversuchsstand (*Penicillium* und *Aspergillus niger*) an der kriechkellerseitigen Holzweichfaserplatte im Bereich ohne Bodenabdeckung

*Fig. 4: Start of mould on wooden fibre board (*Penicillium* und *Aspergillus niger*) in test room without soil covering*

maßgeblich auf den zusätzlichen Einfluss der Bodentemperatur, die in den Wintermonaten zu „wärmeren“ und in den Sommermonaten zu „kälteren“ Bedingungen als im Außenbereich führte. Durchschnittlich traten über die Beobachtungszeiträume für alle untersuchten Objekte Kriechkellertemperaturen von ca. $13\text{ °C} \pm 5$ auf. Die Jahresverläufe der relativen Kriechkellerluftfeuchten verhielten sich asynchron zum Verlauf der relativen Außenluftfeuchten.

Die feuchtesten und damit kritischsten Bedingungen traten für belüftete Kriechkeller erwartungsgemäß jeweils in den Sommerdekaden auf. Die durch Luftbewegung eingetragene Außenluft, die im Sommer in der Regel höhere Temperaturen als im Kriechkeller aufwies, wurde abgekühlt und erhöhte die relative Luftfeuchte dauerhaft. Vor allem in den nicht abgedeckten Bodenbereichen des Laborversuchsstandes traten daraufhin kritische Situationen mit relativen Luftfeuchten von 90 – 95 % auf (vgl. Abb. 5), was neben Holz-

feuchten mit kritischen Werten von über 20 % vor allem zu Schimmelpilzwachstum im Bereich der kriechkellerseitigen Bekleidung aus Holzweichfaserplatten führte (vgl. Abb. 4). Die zusätzliche Abdeckung des Erdreiches im Kriechkeller mit PE-Folie führte zur Reduktion der relativen Kriechkellerfeuchte um 10 % bis 15 %, was im Mittel in den Sommerdekaden zu relativen Luftfeuchten von ca. 80 % führte. Eine weitere Reduktion der relativen Luftfeuchtigkeit, um ca. 3 % konnte in den Sommerdekaden durch eine zusätzliche Dämmung des Erdreiches erreicht werden, da diese die Kellertemperaturen an hob. Größere Reduktionen, die gemäß skandinavischer Untersuchungen erwartet wurden, konnten in einem Feldversuch gemessen werden, der ein hohes Verhältnis von Grundfläche zu der umfassenden Fundamentfläche aufwies (vgl. Abb. 1). Bei relativen Luftfeuchten unterhalb des 70%-Niveaus in den Winterdekaden zeigten alle untersuchten Objekte mit Abdeckung im Bodenbereich bezüglich der Holzfeuchten unkritische Verhältnisse. Für die mit Bodendämmung versehenen Bereiche ergaben sich aufgrund der abgeminderten Kriechkellertemperatur geringfügig höhere relative Luftfeuchten. Objekte mit Bodenabdeckung und Belüftung zeigten weder ein Schimmelwachstum an der kriechkellerseitigen Bekleidung noch in der Konstruktion.

Über den Jahresverlauf hinweg stellte sich für die absoluten Kriechkellerluftfeuchten qualitativ ein synchroner Verlauf zu den vorgefundenen Temperaturen ein. Die absoluten Kriechkellerfeuchten lagen dabei für die abgedeckten Bereiche um ca. 1 g/m^3 über denen des Außenbereiches. Für die ungedeckten Bodenbereiche war im Vergleich zu den abgedeckten Bereichen aus der ungehinderten Verdunstung eine zusätzliche Feuchtelast von $1 - 2\text{ g/m}^3$ zu verzeichnen. Der Unterschied der absoluten Luftfeuchten zwischen Außen- und abgedeckten Kriechkellerbereichen verdeutlicht dabei den Einfluss zusätzlicher Feuchtequellen. Neben den flächigen Diffusionsvorgängen durch die Folienabdeckung des Bodens und Verdunstungsvorgängen in den Randbereichen der Fundamente sind ebenfalls Diffusionsvorgängen aus dem Wohnraum zu nennen. Während der ersten Untersuchungsperiode wurden im Kellerbereich Luftwechsel von $> 0,5\text{ h}^{-1}$ verzeichnet, was zur Abfuhr der gegenüber außen erhöhten Kellerfeuchte nennenswert beitragen kann. In einer zweiten Untersuchungsperiode, ab Dezember 2007, wurde der Einfluss der Belüftung genauer untersucht. Geringe Öffnungsverhältnisse mit $4,5\text{ cm}^2/\text{m}^2$ (netto) bei planmäßiger und gleichmäßiger Verteilung über die Fundamentflächen führten zu den konstantesten Bedingungen über den Untersuchungszeitraum hinweg. Die vollständige Unterbindung der Belüftung zeigte hingegen eine kontinuierliche Auffeuchtung der Kellerbereiche bzw. eine Stagnation der Luft- und Bauteilfeuchten auf sehr hohem Niveau mit kritischen Zuständen.

Fazit

Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens bestätigten, dass die klimatischen Verhältnisse in Kriechkellern durch zahlreiche Randbedingungen beeinflusst werden.

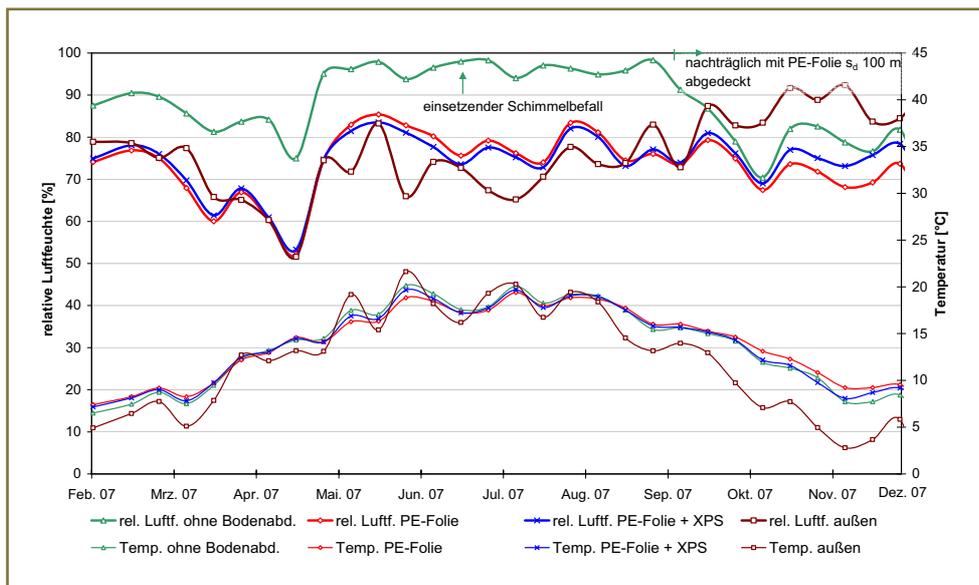


Abb. 5: Relative Luftfeuchten und Temperaturen in den Bereichen mit einer kriechkellerseitigen Bekleidung aus Holzweichfaserplatten im Laborversuch – Dekadenmittelwerte

Fig. 5: Relative humidity and temperature of laboratory test – ten days mean value, wooden base plate lined with wooden fibre board

Vor allem das Außenklima, die Art der Bodenabdeckung, die Belüftungssituation, die Baufeuchte, der Aufbau der Bodenplatte und Diffusionsvorgänge sind dabei vorrangig zu nennen [5].

Auf Grundlage der Forschungsergebnisse wird für die praktische Anwendung eine vollflächige Abdeckung des Bodenbereiches mit kapillar nicht saugfähigen, diffusionshemmenden Schichten $s_d \geq 100$ m notwendig. Eine zusätzlich aufgebrachte Dämmung im Boden- und Fundamentbereich reduziert vor allem in den kritischen Sommermonaten die Kriechkellerfeuchten. Eine weitere Grundvoraussetzung stellt eine funktionsfähige Belüftung dar. Für deutsche Klimarandbedingungen wird ein Brutto-Belüftungsquerschnitt je Quadratmeter Grundfläche von 10 cm^2 bis 20 cm^2 empfohlen, eine Berücksichtigung der Einengung durch übliche Lüftungs- oder Kleintierschutzgitter wird darüber mit abgedeckt. Die Anordnung der Lüftungsöffnungen sollte regelmäßig über die Grundfläche erfolgen, wobei pro Fundamentkammer mindestens zwei Öffnungen vorgesehen werden müssen.

Aus den Untersuchungen lassen sich für belüftete und im Bodenbereich abgedeckte Kriechkeller klimatische Verhältnisse ableiten, die der Nutzungsklasse 2 nach DIN 1052: 2004-08 entsprechen. Die aufgetretenen Holzfeuchten in den untersuchten Objekten unterhalb des 20-%-Niveaus verdeutlichen diese Ergebnisse nochmals und schließen den Befall von holzerstörenden Pilzen aus. Der Befall der Tragkonstruktion durch holzerstörende Insekten wird durch die geschlossene Bauweise der Bodenplatte ausgeschlossen.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wird zukünftig eine Zuordnung der Deckenbalken der Bodenplatte zur Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2 (aktuell in Überarbeitung) möglich sein. Auf zusätzliche, vorbeugende chemische Schutzmaßnahmen kann somit verzichtet werden.

Holzwerkstoffe, die im direkten Kontakt mit dem Kriechkeller stehen, müssen dabei mindestens für den Einsatz in der Nutzungsklasse 2 zugelassen sein. Erfüllt wird diese Anforderung durch Holzwerkstoffe, die nach DIN EN 13986 mindestens für den Feuchtbereich anwendbar sind. Ein vollständiger Ausschluss eines Schimmelbefalls der kriechkellerseitigen Holzwerkstoffe ist unter diesen Randbedingungen jedoch nicht gegeben. Empfohlen werden daher flächige Plattenwerkstoffe, die durch ihre Zusammensetzung und Herstellung einen Schimmelbefall erschweren. Hier können beispielsweise mineralisch gebundene oder

kunstharzbeschichtete Platten zur Anwendung kommen. Unter Einhaltung der vorgenannten konstruktiven Randbedingungen können sichere und dauerhafte Kriechkellerkonstruktionen in Verbindung mit Holzbodenplatten auch unter deutschen Klimarandbedingungen erstellt werden. Für den Holzbau ist somit eine weitere Gründungsvariante verfügbar, die für Zweck- und Wohnungsbauten zahlreiche Vorteile bietet und für klein- und mittelständische Unternehmen die Wertschöpfung im Bereich des Holzbaus erhöhen kann. Trotz dieser Vorgaben wird seitens der Autoren darauf hingewiesen, dass diese Konstruktionsform eine sorgfältige Planung und Ausführung voraussetzt. Auch der Eigentümer / Nutzer muss in der anschließenden Nutzungsphase auf die Mechanismen zur Aufrechterhaltung der Funktionalität (Belüftung und Bodenabdeckung) hingewiesen werden und hat diese dauerhaft sicherzustellen. So sind beispielsweise die Belüftungsöffnungen vor Bewuchs freizuhalten.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung für die Förderung des Forschungsvorhabens und beim Projektträger, der deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH), für die gute Betreuung. Weiterhin gilt ein Dank der Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH (MFPA Leipzig GmbH) für die gute Zusammenarbeit.

Literatur

- Schulze, H.: *Baulicher Holzschutz. Holzbau Handbuch Reihe 3 Teil 5 Folge 2, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH, 1981*
- Kurnitski, J.; Matilainen, M.: *Moisture conditions in highly insu-*

lated outdoor ventilated crawl spaces in cold climates. Energy and Buildings 35 (2003) 2, S. 175-187

3 Kehl, D.; Werther, N.: *Prima Klima im Kriechkeller? Teil 1 - Ergebnisse und Auswertung der nationalen und internationalen Literatur. Holzbau die neue quadriga (2005) 2, S. 17-22*

4 Borsch-Laaks, R.; Werther, N.: *Prima Klima im Kriechkeller? Teil 2 - Auswertung der Messergebnisse an einem aktuellen Holzbauprojekt. Holzbau die neue quadriga (2005) 4, S. 31-36*

5 Winter, S.; Bauer, P.; Werther, N.: *Untersuchung der klimatischen Verhältnisse in Kriechkellern unter gedämmten Holzbodenplatten zur Vermeidung von Bauschäden bei nicht unterkellerten Gebäuden und zur Kostenreduzierung. Abschlussbericht, Fraunhofer IRB Verlag, 2009*

Autoren

Dipl.-Ing. Norman Werther, Bauingenieur, war von 2005 bis 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH (MFPA Leipzig GmbH). Seit 2006 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen (www.hb.bv.tum.de).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter ist Ordinarius für Holzbau und Baukonstruktion an der Technischen Universität München und Mitglied der kollegialen Leitung der MPA Bau an der Technischen

Universität München. Er ist außerdem Gesellschafter der MFPA Leipzig GmbH, Mitinhaber eines Ingenieurbüros beratender Ingenieure mit Sitz in Lauterbach und Büros in München und Darmstadt, Mitglied in verschiedenen nationalen und europäischen Normungsgremien, u. a. Vorsitzender des Spiegelausschuss Holzbau des DIN NABau.

ABSTRACT

Analysis of climate conditions in crawl spaces with high insulated wooden floor plates

Highly insulated wooden base plates in combination with crawl space constructions for foundations of residential and functional timber-buildings were more frequently applied in the last years. Missing knowledge of micro-climatological conditions in crawl spaces and the resulting boundary conditions for timber and wooden board materials led to various constructional designs. By long term in-situ measurements and laboratory tests, design principles, which guarantee a durable use of wooden base plates in combination with air-ventilated crawl spaces, were developed. A rating to use class 0 according to DIN 68800 is possible.

Dämmstoffe aus Holzfasern

Dämmstoffe aus Holzfasern schützen nachhaltig vor Hitze, Schall und Kälte. Sie sind erste Wahl, um ein hohes Maß an Wohnkomfort zu erzielen und auf Dauer zu bewahren. „Im Dachgeschoss lässt sich mit Holzfaserdämmstoffen dafür sorgen, dass das Temperaturniveau erträglich bleibt“, sagt Dr.-Ing. Tobias Wiegand, Geschäftsführer beim Verband Holzfaserdämmstoffe (VHD).

Wenngleich die Dacheindeckung einen Teil der Sonnenstrahlung abschirmt, heizt sich das Gebäude dennoch auf. In längeren Hitzeperioden kann die aufgestaute Wärme den Aufenthalt in einem ungedämmten Dachgeschoss unerträglich machen. Je nach baulicher Situation kommt bei Altbauten und anderen Bestandsgebäuden eine Unterdeckung der Dachschrägen sowie eine Zwischensparrendämmung in Betracht. Bei Neueindeckungen der Dachflächen und Neubauten ist eine Aufsparrendämmung mit Holzfaserplatten eine aussichtsreiche Variante. Die Wärmedämmung muss spezifischen bauphysikalischen Gesetzmäßigkeiten folgen, weshalb beim Einbau der Dämmstoffe die Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers sowie die anerkannten Regeln der Bautechnik beachtet werden müssen. Die Mitgliedsfirmen im Verband Holzfaserdämmstoffe (www.holzfaser.org) benennen auf Wunsch Adressen versier-

ter Dachdecker- oder Zimmereibetriebe, an die sie Dämmstoffe aus Holzfasern in unterschiedlichen Dicken und Formaten einbau- und montagefertig liefern.

Verband Holzfaserdämmstoffe (VHD)
c/o Medienbüro TEXTIFY.de
Achim Zielke M.A.
info@textify.de

