

Natürliche Dauerhaftigkeit Sibirischer Lärche

Untersuchung mehrerer Herkunftsgebiete – Inhaltsstoffe ursächlich für unterschiedliche Dauerhaftigkeit

Von Dr. Gerald Koch¹, Mathias Rehbein² und Marie-Therese Lenz³

Die natürliche Dauerhaftigkeit für Hölzer der Gattung *Larix* wird nach der aktuellen Fassung der DIN EN 350-2 für alle Arten (*Larix decidua* = Europäische Lärche, *L. kaempferi* = Japanische Lärche, *L. occidentalis* = Amerikanische Lärche) gleichrangig in die Dauerhaftigkeitsklasse 3 bis 4 eingestuft. Die anatomischen Strukturmerkmale und chemische Zusammensetzung des Holzgewebes der Sibirischen Lärche (*Larix gmelinii*, *L. sibirica*) lassen jedoch eine höhere Klassifizierung der natürlichen Dauerhaftigkeit erwarten. Um diese Fragestellung zu untersuchen, wurden normgerechte Dauerhaftigkeitsprüfungen für die Sibirische Lärche an ausgewählten Proben der drei Herkunftsgebiete Irkutsk, Lesosibirsk und Ust Ilimsk durchgeführt.

Das Holzgewebe der Sibirischen Lärche (*Larix gmelinii* = Dahurische Lärche und *L. sibirica* = Sibirische Lärche) wird im Vergleich zur Europäischen Lärche (*Larix decidua*) durch einen engen Jahringaufbau mit entsprechend hohem Spätholzanteil charakterisiert (vgl. Abbildung 1), wie er für die Europäische Lärche nur bei Qualitäten von Hochlagenstandorten (bedingt durch die kürzeren Vegetationszeiten) vorkommt. Der hohe Spätholzanteil ist verantwortlich für die vergleichsweise höhere (Roh-)Dichte des Holzgewebes der Sibirischen Lärche, wovon sich wiederum die physikalisch-mechanischen Eigenschaften (wie z. B. Festigkeiten und Härte) des Holzes ableiten lassen.

Weiterhin können im Holzgewebe der Sibirischen Lärche höhere Konzentrationen an Harzen (Monoterpene und Harzsäuren) und phenolischen Inhaltsstoffen (Flavonoide) nachgewiesen werden (vgl. Koch 2006, Koch & Kulke 2006), was vermuten lässt, dass das Holzgewebe auch eine höhere natürli-

che Dauerhaftigkeit im Vergleich zur Europäischen und Amerikanischen Lärche besitzt.

Um diese praxisrelevante Fragestellung – mit Hinblick auf die große Nachfrage und holzwirtschaftliche Bedeutung der Sibirischen Lärche – zu eruiieren, wurde die natürliche Dauerhaftigkeit von *Larix sibirica* der drei verschiedenen Herkunftsgebiete Irkutsk, Lesosibirsk und Ust Ilimsk (Sibirien) untersucht. Das Untersuchungsmaterial in Form von 30 Brettabschnitten unterschiedlicher Stämme der aufgeführten Herkunftsgebiete wurde von der Firma Jacob Jürgensen Uni Wood GmbH (Hamburg) zur Verfügung gestellt.

Eine detaillierte standörtliche Zuordnung des Untersuchungsmaterials innerhalb der einzelnen Wuchsgebiete war nicht möglich, da es sich um weit-

räumige Einzugsgebiete handelt und die Stämme auf zentralen Aufbereitungsplätzen ausgehalten wurden (vgl. Kulke 2006 und Koch & Kulke 2006).

Versuchsdurchführung

Die Auswahl und Vorbereitung der Prüfkörper für die Dauerhaftigkeitsprüfung erfolgte in Anlehnung an CEN/TS 15 083-1:2005 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Bestimmung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Vollholz gegen Holz zerstörende Pilze, Prüfverfahren – Teil 1: Basidiomyceten) und DIN EN 350-1:1994 (Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz. Teil 1: Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz), wonach aus den 30 Brettabschnitten insgesamt 240 normgerechte Einzelproben mit den Abmessungen von 50 × 25 × 15 mm³ hergestellt wurden. Die einzelnen Prüfkörper wiesen den für Sibirische Lärche spezifischen engringigen Aufbau mit Jahringbreiten von etwa 0,5 mm bis maximal 4 mm auf (vgl. Abbildung 1).

Als obligatorische Prüfpilze für die Ermittlung der natürlichen Dauerhaftigkeit wurden nach EN 113:1996 (Holzschutzmittel, Prüfverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen Holz zerstörende Basidiomyce-



Abbildung 1 Stammabschnitt einer Sibirischen Lärche mit dem typischen engringigen Jahrringverlauf und ausgeprägter Rinde (Borke).

¹ Privatdozent Dr. Gerald Koch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Hamburg.

² Diplom-Holzwirt Mathias Rehbein hat im Rahmen seiner Diplomarbeit Dauerhaftigkeitsprüfungen an verschiedenen Holzarten durchgeführt.

³ Marie-Therese Lenz ist technische Mitarbeiterin in der Abteilung Holzbiologie des Zentrums Holzwirtschaft der Universität Hamburg.

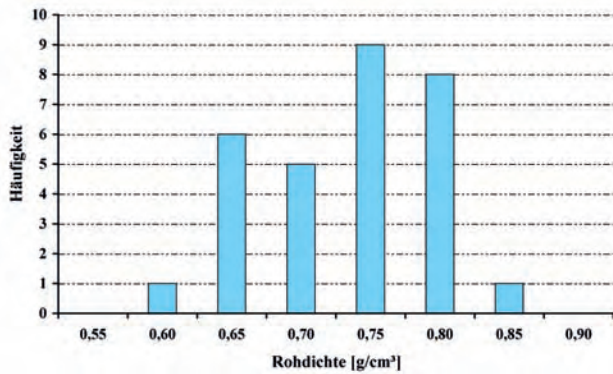


Abbildung 2 Häufigkeitsverteilung der Rohdichte für die untersuchten Prüfkörper der Sibirischen Lärche aus den drei Herkunftsgebiete Irkutsk, Lesosibirsk und Ust Ilimsk.

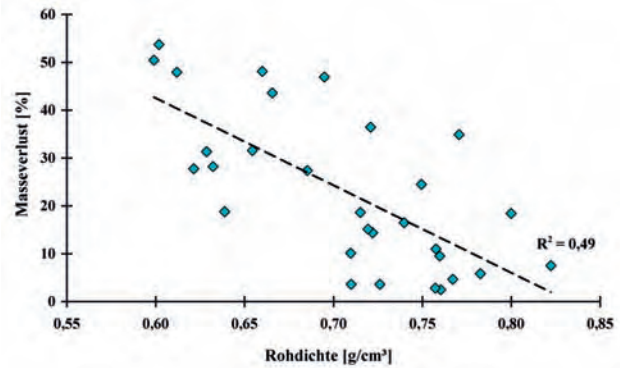


Abbildung 3 Regressionsanalyse für die Parameter Rohdichte und Masseverlust (Holzabbau durch den Braunfäulepilz *C. puteana*).

ten, Bestimmung der Grenze der Wirksamkeit) der Braunfäulepilz *Coniophora puteana* = Brauner Kellerschwamm und der Weißfäulepilz *Coriolus versicolor* = Schmetterlingsporling verwendet, die auch in der Praxis als bedeutende Holz zerstörende Pilze eingestuft werden.

Im Rahmen der labortechnischen Prüfungen wurden die Prüfkörper zunächst bei 20 (±2)°C und 65 (±5)% rel. Luftfeuchte (Normklima) bis zur Gewichtskonstanz klimatisiert, anschließend durch eine Cobalt-60-Bestrahlung mit einer Solldosis von 25 kGy sterilisiert, unter sterilen Bedingungen dem

Holzabbau der Prüfpilze ausgesetzt und der Masseverlust nach 16-wöchiger Abbauezeit bei 22 (±2)°C und 70 (±5)% rel. Luftfeuchte bestimmt. Als Virulenzkontrollen für die Abbaueaktivität der beiden Prüfpilze dienten insgesamt 20 Prüfkörper aus dem Splintholz von Kiefer (*Pinus sylvestris* für *C. puteana*) und Buche (*Fagus sylvatica* für *C. versicolor*).

Für die Bestimmung der Dauerhaftigkeitsklasse wird der Prüfpilz herangezogen, der an den Prüfkörpern den höchsten Masseverlust verursacht hat. Der ermittelte Masseverlust der Prüfkörper wird dabei durch den Masseverlust der

Virulenzkontrollen dividiert und der so erhaltene x-Wert den Dauerhaftigkeitsklassen zugeordnet (Mittelwertberechnung). An Einzelproben wurde zusätzlich die Rohdichte für das Normklima bei 20 (±2)°C und 65 (±5)% rel. Luftfeuchte und die Darrdichte des absolut trockenen Holzgewebes nach DIN 52 182 Prüfung von Holz, Bestimmung der Rohdichte bestimmt.

Ergebnisse der Dauerhaftigkeitsprüfung

Die Ergebnisse der Masseverlustbestimmung zur Ermittlung der natürlichen Dauerhaftigkeit des Kernholzes der Sibirischen Lärche sind in der Tabelle dargestellt. Der höchste Masseverlust wurde erwartungsgemäß durch den Braunfäulepilz *C. puteana* erzielt, der im Wesentlichen die Cellulose und Hemicellulosen im Holzgewebe abbaut. Die Auswertung der prozentualen Masseverluste durch *C. puteana* zeigt für das gesamte Kollektiv der drei Herkunftsgebiete eine erhebliche Streuung der Einzelwerte von sehr geringen (2,5%) bis hohen Masseverlusten (bis zu 53,7%). Die daraus ableitbare Einstufung der natürlichen Dauerhaftigkeit (Berechnung des x-Wertes) ergibt eine Einteilung der einzelnen Prüfkörper in die Klasse 1 = „sehr dauerhaft“ bis Klasse 4 = „wenig dauerhaft“. Vergleichbare Ergebnisse konnten für den Holzabbau (Masseverlustbestimmung) durch den Weißfäulepilz *C. versicolor* ermittelt werden. Der berechnete Masseverlust variiert von 1,4 bis 24,3% was unter Berücksichtigung des Holzabbaus der Virulenzkontrollen zu einer Einstufung in die Dauerhaftigkeitsklassen 1 bis 5 führt.

Innerhalb der einzelnen Kollektive – getrennt nach den Herkunftsgebieten – können ebenfalls Variationen der natürlichen Dauerhaftigkeit von Klasse 1 bis 4 für den Holzabbau durch den Braunfäulepilz *C. puteana* nachgewiesen werden. Es ist jedoch auffällig, dass die Proben aus dem Einzugsgebiet Irkutsk den höchsten Anteil an Hölzern der Dauerhaftigkeitsklasse 1 besitzen. Der Anteil der Proben der Dauerhaftig-

Rohdichte- und Masseverlust

Prüfkörper aus Kernholz der Sibirischen Lärche aus den drei Herkunftsgebieten Irkutsk, Lesosibirsk und Ust Ilimsk

Herkunft	Prüfkörper	Untersuchungsmaterial	Masseverlustbestimmung		
		Rohdichte bei Normklima ρ [g/cm³]	Braunfäule <i>C. puteana</i> Mv [%]	Weißfäule <i>C. versicolor</i> Mv [%]	
Lesosibirsk	A-24	0,73	3,6	7,7	
	A-15	0,72	14,4	14,4	
	A-22	0,80	18,4	10,6	
	A-21	0,75	24,5	12,4	
	A-23	0,63	31,3	15,9	
	A-17	0,72	36,4	13,8	
	A-16	0,67	43,6	17,6	
	A-20	0,60	50,4	24,3	
	Mittelwert 0,70				
	Ust Ilimsk	B-02	0,71	3,6	6,1
B-09		0,76	11,0	7,5	
B-06		0,72	15,1	11,3	
B-12		0,72	18,6	8,0	
B-11		0,64	18,8	8,5	
B-03		0,69	27,4	12,6	
B-04		0,62	27,8	16,0	
B-08		0,70	46,9	19,5	
B-07		0,66	48,1	19,9	
B-01		0,60	53,7	19,0	
Mittelwert 0,68					
Irkutsk	C-34	0,76	2,5	1,4	
	C-28	0,76	2,8	1,6	
	C-32	0,77	4,6	2,5	
	C-25	0,78	5,8	6,0	
	C-36	0,82	7,5	2,5	
	C-35	0,76	9,5	6,5	
	C-26	0,71	10,1	4,5	
	C-30	0,74	16,5	10,8	
	C-27	0,63	28,2	17,7	
	C-29	0,65	31,6	14,1	
	C31	0,77	34,9	14,8	
	C-33	0,61	47,9	20,3	
	Mittelwert 0,73				
	Virulenzkontrollen:				
– Kiefer-Splint			66,1		
– Buche				26,6	

keitsklasse 1 beträgt für das Herkunftsgebiet Irkutsk 42 %. Die Ermittlung der Dauerhaftigkeitsklasse für das Gesamtkollektiv Irkutsk führt zu einer Einstufung in die Dauerhaftigkeitsklasse 2 = „dauerhaft“ (Mittelwertbetrachtung), wogegen die Hölzer der Herkunftsgebiete Lesosibirsk und Ust Ilimsk in die Klasse 3 = „mäßig dauerhaft“ nach DIN EN 350-2 eingestuft werden müssen.

Um den Zusammenhang zwischen der großen Variabilität der ermittelten Masseverluste und den Strukturmerkmalen der Prüfkörper zu untersuchen, wurden Rohdichte und Jahrringbreiten (Spätholzanteil) der einzelnen Proben bestimmt. Die Auswertung der Rohdichte (bei 12 bis 15 % Holzfeuchte) ergibt für das Gesamtkollektiv der Prüfkörper aus den drei Herkunftsgebieten einen Mittelwert von $0,71 \text{ g/cm}^3$ (Standardabweichung $0,06 \text{ g/cm}^3$; vgl. Abbildung 2). Dieser Wert liegt im oberen Variationsbereich der in der Literatur für Sibirische Lärche angegebenen Rohdichte von $0,55$ bis $0,77 \text{ g/cm}^3$ bei 15 % Holzfeuchte.

Im Vergleich der drei Herkunftsgebiete weist das Kollektiv der Prüfkörper aus Irkutsk die höchste mittlere Rohdichte = $0,73 \text{ g/cm}^3$ auf (Lesosibirsk = $0,70 \text{ g/cm}^3$, Ust Ilimsk = $0,68 \text{ g/cm}^3$), für die auch die geringsten Masseverluste ermittelt wurden. Die statistische Auswertung (Regressionsanalyse) des Zusammenhangs zwischen der Rohdichte und dem Masseverlust infolge des Holzabbaus durch den Braunfäulepilz *C. puteana* ergibt für das Gesamtkollektiv aller Proben ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,49$ (vgl. Abbildung 3), was bedeutet, dass nur eine „geringe“ Korrelation zwischen der Rohdichte und dem Masseverlust der Proben besteht und die guten bis sehr guten Dauerhaftigkeitsklassen der einzelnen Prüfkörper nicht ausschließlich über eine hohe Rohdichte erklärt werden können.

Für das Kollektiv der Prüfkörper aus dem Herkunftsgebiet Irkutsk (mit den höchsten Rohdichten und geringsten Masseverlusten) kann ein geringfügig erhöhtes Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,54$ berechnet werden, was ebenfalls keine statistisch abgesicherte Interpretation des Zusammenhangs zwischen der Rohdichte und dem Masseverlust zulässt.

Die Auswertung der Jahrringbreiten zeigt ebenso wie die physikalische Kenngröße der Rohdichte keinen statistisch abgesicherten Zusammenhang zwischen der Jahrringbreite der Prüfkörper und dem Masseverlust durch die beiden Prüfpilze. In den einzelnen Kollektiven (sortiert nach den Herkunftsgebieten) der Prüfkörper sind jeweils Proben mit geringen Masseverlusten (entsprechend den Dauerhaftigkeitsklassen 1 und 2) enthalten, die sowohl durch einen sehr engeringigen (Jahrringbreiten deutlich unter 1 mm) als auch durch einen relativ breiten Jahrringaufbau (Jahrringbreiten bis 4 mm) charakterisiert



Abbildung 4 Visuelle Ansprache (Sortierung) der untersuchten Prüfkörper (Holzabbau durch den Braunfäulepilz *C. puteana*) nach den ermittelten Dauerhaftigkeitsklassen (DHK) und Aceton-/Wasser-Extraktstoffgehalt für die Proben der Dauerhaftigkeitsklassen 1 und 4 (v.l.n.r.): DHK 4, 3, 2-3, 2, 1-3, 1-2 und 1. Der DHK 4 entspricht ein Aceton-/Wasser-Extraktionsgehalt von 1,33 %, der DHK 1 ein Gehalt von 2,13 % ([%] bezogen auf atro Holz).

werden (vgl. Abbildung 4). Ein vergleichbares Ergebnis wurde auch für die Prüfkörper mit hohen Masseverlusten (Dauerhaftigkeitsklassen 3-4) erzielt, die ebenfalls aus Mustern mit engeringigen und relativ breiten Jahrringen bestehen.

Da kein abgesicherter Zusammenhang zwischen den beiden Parametern Rohdichte/Jahrringbreite und dem Masseverlust festgestellt werden konnte, wurden zusätzlich quantitative chemische Analysen zur Bestimmung der Extraktstoffgehalte durchgeführt. Bereits die visuelle Ansprache der einzelnen Prüfkörper der drei Herkunftsgebiete hat gezeigt, dass die Einzelproben mit der intensivsten rötlichen Farbausprägung des Kernholzes auch die geringsten Masseverluste aufweisen (vgl. Abbildung 4). Daraus lässt sich hypothetisch ableiten, dass in den Proben mit intensiverer Kernholzfarbe auch höhere Konzentrationen an phenolischen/flavonoiden Inhaltsstoffen eingelagert wurden, die maßgeblich für die Dauerhaftigkeit des Kernholzes verantwortlich sind.

Um diesen Zusammenhang zu eruieren, wurde der Extraktstoffgehalt an

ausgewählten Proben mit geringem und hohem Masseverlust gravimetrisch nach sukzessiver Extraktion mit Petrolether und Aceton/Wasser (9:1) bestimmt. Für die chemischen Analysen wurden jeweils die äquivalenten Rückstellproben der Feuchtekontrollen verwendet.

Die Auswertung der quantitativen (gravimetrischen) Extraktstoffbestimmung belegt eindeutig, dass in den Proben mit der höchsten natürlichen Dauerhaftigkeit (Klasse 1) auch die höchsten Konzentrationen an phenolischen/flavonoiden Inhaltsstoffen gemessen werden können (vgl. Abbildung 4). Für die Proben der Dauerhaftigkeitsklasse 1 beträgt der Anteil der Inhaltsstoffe der Aceton-/Wasser-Extrakte im Mittel 2,13 % (bezogen auf atro Holz), wogegen für die Proben der Dauerhaftigkeitsklasse 4 im Mittel nur 1,33 % Extraktstoffanteil bestimmt werden konnte (vgl. Kulke [2006] und Venalainen et al. [2006], die vergleichbare Extraktstoffgehalte im Kernholz der Sibirischen Lärche nachgewiesen haben).

Die quantitative Auswertung der Petrolether-Extrakte (Nachweis von Harz- und Fettsäuren) zeigt dagegen keine sig-

nifkanten Unterschiede im Gehalt zwischen den Proben der Dauerhaftigkeitsklasse 1 (Mittelwert 0,46 % bezogen auf atro Holz) und der Dauerhaftigkeitsklasse 4 (Mittelwert 0,43 % bezogen auf atro Holz), was belegt, dass die natürliche Dauerhaftigkeit des Kernholzes der Sibirischen Lärche maßgeblich auf die Synthese und Einlagerung von phenolischen/flavonoiden Verbindungen zurückgeführt werden muss.

Das Kollektiv der Proben der Dauerhaftigkeitsklasse 1 mit den höheren Gehalten an Aceton-/Wasser-Extrakten weist ebenso wie das Kollektiv der Dauerhaftigkeitsklasse 4 (niedrigerer Extraktstoffgehalt) einzelne Proben mit sehr engeringigen und relativ breiten Jahrringen auf, was zusätzlich belegt, dass kein abgesicherter statistischer Zusammenhang zwischen der Jahrringbreite/Dichte und der natürlichen Dauerhaftigkeit des Holzgewebes besteht, die vielmehr auf die Konzentration der phenolischen Inhaltstoffe zurückgeführt werden muss.

Zusammenfassung

Die natürliche Dauerhaftigkeit des Kernholzes der Sibirischen Lärche der untersuchten Herkunftsgebiete Irkutsk, Lesosibirsk und Ust Ilimsk wird durch

eine Variation der Einzelproben in die Dauerhaftigkeitsklassen 1 (= „sehr dauerhaft“) bis Klasse 4 (= „wenig dauerhaft“) charakterisiert. Nach DIN EN 350-2 können die Proben aus dem Herkunftsgebiet Irkutsk in die Dauerhaftigkeitsklasse 2 (= „dauerhaft“), die der Herkunftsgebiete Lesosibirsk und Ust Ilimsk in die Klasse 3 (= „mäßig dauerhaft“) eingestuft werden. Diese Werte (Klassifizierung) liegen über den Dauerhaftigkeitsklassen die nach DIN EN 350-2 für die Europäische und Japanische Lärche (*L. decidua* und *L. kaempferi*) angegeben werden (jeweils Dauerhaftigkeitsklasse 3 bis 4).

Die Ursache für die höhere Dauerhaftigkeit des Kernholzes der Sibirischen Lärche muss im Wesentlichen auf die Synthese und Einlagerung von phenolischen/flavonoiden Inhaltsstoffen zurückgeführt werden, wogegen zwischen der Rohdichte/Jahrringbreite und den ermittelten Masseverlusten durch den Pilzabbau keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden konnten.

Das Kernholz der untersuchten Sibirischen Lärche ist auf Grund der ermittelten Dauerhaftigkeitsklassen 2 und 3 für die Verwendung im Außenbereich (ohne direkten Erdkontakt) ohne chemischen Holzschutz geeignet.

Ergänzende Literatur:

- Koch, G.; Kulke, N.: Holzverfärbungen bei Sibirischer Lärche. Holz-Zentralblatt 132 (2006), 488.
- Koch, G.: Standortbedingte Einflüsse auf die Entstehung von Verkernungsanomalien bei Lärche (*Larix spp.*) und deren Bedeutung für die Holzverwendung. In: Proceedings Forstwissenschaftliche Tagung 2006 – Ökosystem Wald, Rohstoff Holz, Prinzip Nachhaltigkeit, Tharandt, Hrsg: H. Röhle, (2006) 86, ISBN 3-86005-541-0.
- Kulke, N.: Biologische und chemische Untersuchungen über Holzverfärbungen an Sibirischer Lärche (*Larix sibirica* L.) und deren Bedeutung für die Holzverwendung, Zentrum Holzwirtschaft Abteilung Holzbiologie der Universität Hamburg. (2006), 151 S.
- Venäläinen, M.; Harju, A. M.; Terziev, N.; Laakso, T.; Saranpää, P.: Decay resistance, extractive content, and water sorption capacity of Sibirian larch (*Larix sibirica* Lebed.) heartwood timber. Holzforschung 60 (2006), 99–103.

Danksagung: Die Autoren danken der Firma Jacob Jürgensen Uni Wood GmbH (Hamburg) für die Initiierung des Forschungsvorhabens und die Bereitstellung des Untersuchungsmaterials. Weiterhin danken wir der Jacob Jürgensen Uni Wood GmbH und der Gesellschaft der Förderer und Freunde des Zentrums Holzwirtschaft der Universität Hamburg (GFF) für die finanzielle Förderung der Arbeit.

Wir führen:

SIBIRISCHE LÄRCHE

in folgenden Sortimenten

RUNDHOLZ

STAMMWARE KD/frisch

SCHNITTHOLZ KD/frisch

KREUZHOLZ

LAMELLEN

MASSIVKANTELN

SONDERDIMENSIONEN

Jacob Jürgensen Wood GmbH

Hans-Henny-Jahnn-Weg 9, 22085 Hamburg

Fon: +49 (0)40 22 705 142, Fax: +49 (0)40 22 705 298

www.juergensen.de