



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Energieeinsparung in der Schweinehaltung Wärmetauscher



LfL-Information

1 Einleitung

Optimale Stallklimaverhältnisse haben für die Betriebszweige Ferkelproduktion, Ferkelaufzucht und Schweinemast enorme Bedeutung, da sie die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere fördern und damit die Grundvoraussetzung zur Erzielung von guten und sehr guten tierischen Leistungen bilden. Um die Temperaturansprüche der Nutztiere bestmöglich zu erfüllen, werden in entsprechenden Stallgebäuden Heizungs- und Lüftungsanlagen eingesetzt. Diese regulieren sowohl Wasserdampf- und Kohlendioxidmassenströme als auch die Wärmeströme in Ställen. Etwa 15–20 Prozent der Wärmeverluste entstehen durch Wärmeübergang (Transmission) an Außenwänden und Decke des Stallgebäudes. Die restlichen 80–85 Prozent der Gesamtwärmeverluste werden durch die Stallklimaanlage verursacht.

Hauptziel beim Einsatz von Wärmetauschern ist daher die Verringerung von Wärmeverlusten durch die Lüftung. Eine damit verbundene Primärenergieeinsparung und effizientere Nutzung von fossilen Energieträgern führt darüber hinaus zu einer Reduzierung von CO₂-Emissionen. Weitere Ziele des Wärmetauschereinsatzes sind die Verbesserung der Luftqualität und der Ausgleich von Temperaturschwankungen.



Abb. 1: Wärmetauscher im Stalldachgeschoss

2 Technische Anforderungen und Wärmetauscherbauarten

Technische Anforderungen

Um hohe Wirkungsgrade bei Wärmetauschern zu erreichen, müssen die eingebauten Tauscheroberflächen bestmöglich ausgenutzt werden. Ein sparsamer Betrieb wird durch optimale Gestaltung der Zu- und Abluftwege und entsprechender Materialauswahl erzielt, da auf diese Weise Druckverluste vermindert werden können. Um den Stromverbrauch eines Wärmetau-

schers zu minimieren, sollte eine möglichst geringe Leistungsaufnahme zur Überwindung des Strömungswiderstandes erforderlich sein. Ein großes Leistungsspektrum wird durch optimierte Anpassung der Regelung erreicht und führt ebenfalls zu Elektroenergieeinsparungen. Bei der Auswahl eines Tauschermodells ist zu beachten, dass jede erforderliche Wärmeleistung den Jahreszeiten und Standortgegebenheiten entsprechend angepasst werden kann. Darüber hinaus sollte der Energieverbrauch auf den günstigsten Betrieb eingestellt werden können. Eine individuelle und kompakte Bauweise ist ausschlaggebend für eine leichte Montage und die Möglichkeit der Nachrüstung in bestehende Lüftungsanlagen. Da die Heizleistung bei starker Verunreinigung um bis zu 50 Prozent abnehmen kann, ist ein hoher Selbstreinigungsgrad mit besten Selbstreinigungseigenschaften anzustreben. Dies ermöglicht zusammen mit einem vollautomatischen Waschsystem lange Reinigungsintervalle und sollte ein wichtiges Kriterium bei der Modellauswahl sein.

Laut DLG-Prüfberichten sind bei der Auswahl von Luft-Luft-Wärmetauschern folgende technische Daten zu berücksichtigen:

- *Sommer- und Winterlufrate [m³]*
- *Abmessungen: Länge – Breite – Höhe [mm]*
- *Heizleistung [kW]*
- *Energieverbrauch [kW]*
- *Gewicht [kg]*

Zur Bewertung werden folgende Parameter herangezogen:

- *Druckverlust [Pa] und Volumenstrom [m³/h]*
- *Heizleistung und Luftanwärmung [kW und K]*
- *Temperaturtauschgrad [% Wirkungsgrad]*
- *Verschmutzung und Reinigungsintervalle*
- *Wartung*
- *Haltbarkeit und Lebensdauer*

Der **Temperaturwirkungsgrad η_t** gibt dabei an, welcher Anteil der Wärme aus dem Abluftvolumenstrom an den Zuluftvolumenstrom übertragen wird und bezieht sich somit auf die Temperaturänderung der Zuluft.

$$\text{Temperaturwirkungsgrad } \eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

T₂₂ = Temperatur der Zuluft

T₂₁ = Temperatur der Außenluft (Frischluft)

T₁₁ = Temperatur der Abluft

Bei hohen Außentemperaturen sinkt der Temperaturwirkungsgrad η_t , bedingt durch die gering werdende Temperaturdifferenz ΔT bei konstanter Ablufttemperatur.

Funktionsweise von Wärmetauschern (Luft-Luft)

Das Funktionsprinzip eines Luft-Luft-Wärmetauschers beruht auf der Nutzung des in der Abluft gebundenen Wärmepotenzials von Ställen, um im Gegenstrom die zugeführte Frischluft zu erwärmen.

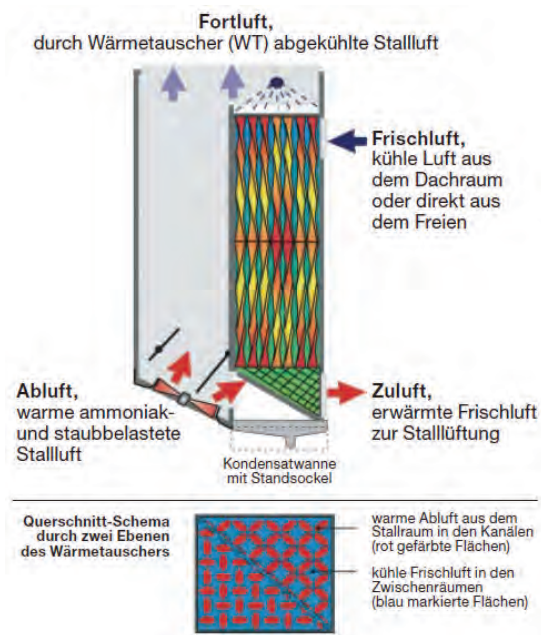


Abb. 2: Luftströmung im Wärmetauscher (Schönhammer GmbH)

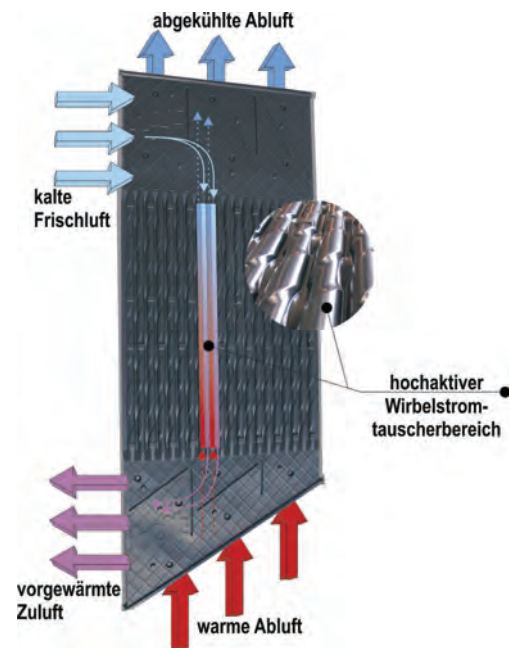


Abb. 3: Luftströmung im Wärmetauscher (hdt Anlagenbau GmbH Co. KG)

Grundsätzlich wird bei jedem Wärmetauscher Frischluft von oben bzw. seitlich oben in den Wärmetauscherblock geleitet, der im Innern mit je nach Hersteller und Bauart des Tauschers unterschiedlich geformten Kunststoffbauteilen bestückt ist. Diese sind so geformt, dass sie eine möglichst große Tauscheroberfläche besitzen. Je nach Hersteller können diese Tauscheroberflächen in verschiedenen Formen z. B. Waben, Spiralen oder Wendeln ausgeführt sein. Ihre Kunststoffoberfläche ist möglichst glatt, um Reibungsverluste zu minimieren und damit eine möglichst geringe Leistungsaufnahme zur Überwindung des Strömungswiderstandes aufzuwenden.

Die aus dem Stall abgesaugte warme Abluft strömt in entgegengesetzter Richtung, also von unten nach oben, durch den Wärmetauscher. Die Wärmeübertragung erfolgt dabei über das physikalische Prinzip der Wärmemitführung (*Konvektion*). Es handelt sich in diesem Fall um natürliche bzw. freie Konvektion aufgrund des Dichteunterschiedes zwischen wärmerer und kühlerer Luft im Wärmetauscher. Die erwärmte Stallluft besitzt aufgrund der Eigenbewegung der enthaltenen Gasteilchen eine geringere Dichte als die kühlere Frischluft. Sie steigt im Wärmetauscher nach oben (Auftrieb), während die kühlere von oben zugeleitete Außenluft aufgrund ihrer höheren Dichte gemäß der Schwerkraft nach unten in Richtung Stallraum sinkt. Die dabei angewärmte Luft wird dann in die Zuluftverteilung (z. B. mit einem Zuluftventilator in die Porenkanäle) der einzelnen Abteile geleitet.

Der momentane Stand der Technik umfasst im Wesentlichen folgende Wärmetauscherbauarten:

- *Wendelverdrängungstauscher*
- *Kreuz-Gegenstrom-Tauscher*
- *Tauscher mit Gegenstromspiralsystem*
- *Wirbelstromtauscher*
- *Tauscher mit Gegenstromprinzip*
- *Tauscher in Waben- oder Gegenwendelform*

In den *Abbildungen 4 bis 7* sind unterschiedliche Bauarten und Funktionsschemen von Wärmetauschern dargestellt.

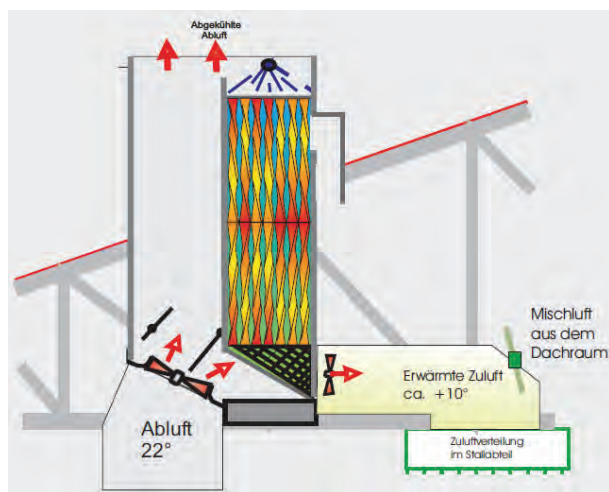


Abb. 4: Wendelverdrängungstauscher (Schönhammer GmbH)

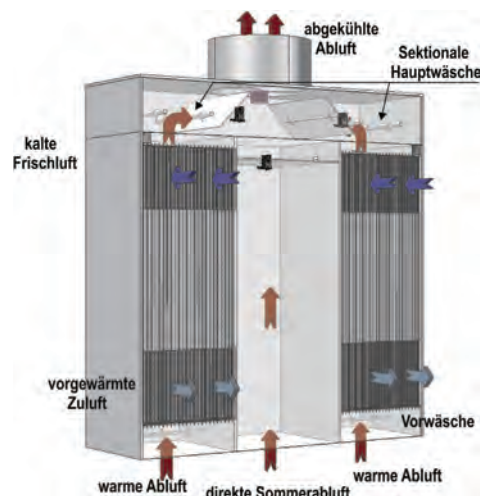


Abb. 6: Gegenstromspiralensystem (hdt Anlagenbau GmbH Co. KG)

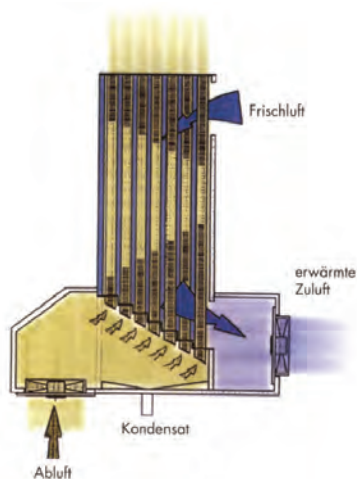


Abb. 5: Wärmetauscher nach dem Gegenstromprinzip (RIMU Agrartechnologie GmbH)

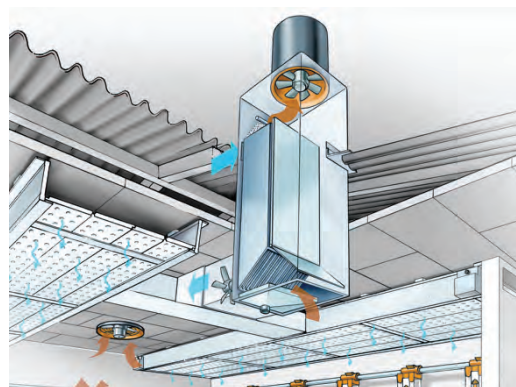


Abb. 7: Tauscher in Waben- oder Gegenwendelform (HAKA Josef Häufele GmbH & Co. KG)

Die Regelung des Luft-Luft-Wärmetauschers erfolgt in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Wenn die Außentemperatur unter eine bestimmte Temperaturgrenze (je nach Einstellung zwischen $+6^{\circ}\text{C}$ und $+14^{\circ}\text{C}$) fällt wird der Zuluftventilator des Wärmetauschers automatisch zugeschaltet und die Frischluft für den Nutztierstall über entsprechende Tauscheroberflächen geführt und angewärmt. In *Abb. 8* ist am Beispiel eines Ferkelerzeugerbetriebes mit 140 Zuchtsauen die Regelung des Zuluftventilators für den Wärmetauscher in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Zeitraum von März 2010 bis Dezember 2010 aufgezeigt. In der Übergangszeit und den Wintermonaten schaltet bei unterschreiten einer Temperatur von $+6^{\circ}\text{C}$ der Zuluftventilator automatisch zu.

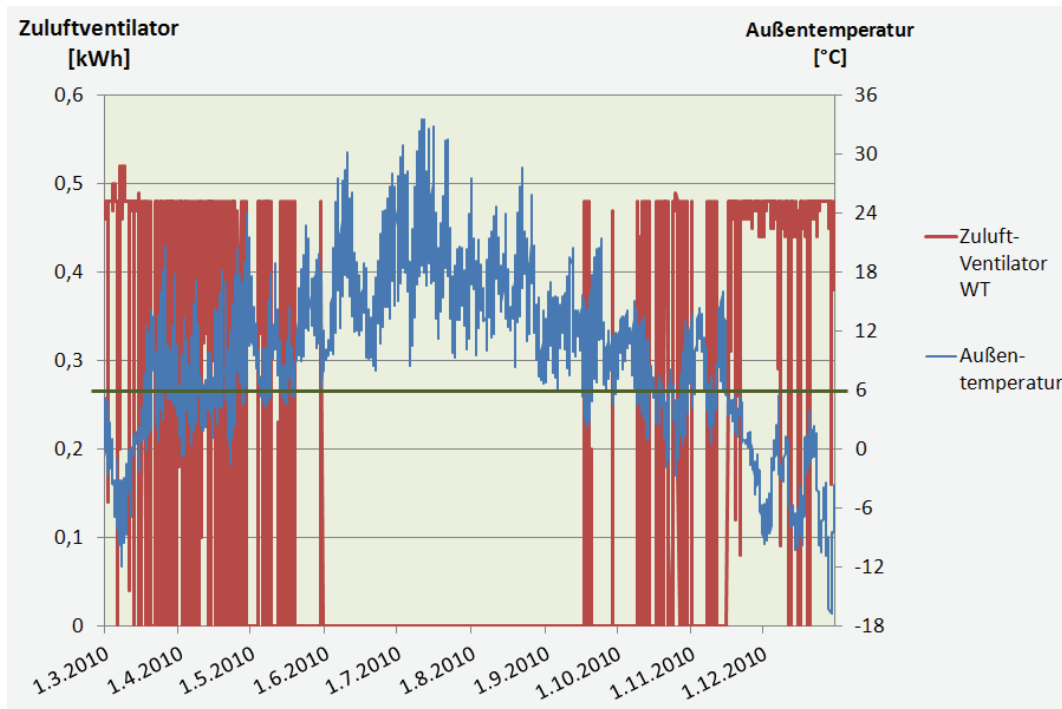


Abb. 8: Regelung des Wärmetauschers in Abhängigkeit von der Außentemperatur

3 Energieeinsparpotentiale beim Einsatz von Wärmetauschern

Um das Energieeinsparungspotential schweinehaltender Betriebe zu klären, muss zunächst zwischen dem Bedarf an elektrischer und thermischer Energie unterschieden werden:

Unter *elektrischer Energie* wird der Strombedarf für verschiedene strombetriebene Verbraucher verstanden. Je nach Produktionsrichtung in der Schweinehaltung (Ferkelerzeugung, Ferkelaufzucht oder Schweinemast) unterscheiden sich die einzelnen Verbrauchsbereiche und das Einsparpotential.

Die *thermische Energie* umfasst den Bedarf an Wärme- bzw. Heizenergie für Stall- und Betriebsräume. Auch hier ist der Bedarf abhängig vom Produktionsverfahren und entsprechend dem Alter, Gewicht und Anzahl der eingestellten Tiere sowie gebäudespezifischer Parameter sehr unterschiedlich.

Die Temperaturansprüche der Ferkel sind sehr hoch und liegen nach der Geburt bis zu einem Ferkelgewicht von 8 kg bei 33°C. Bis zum Ende der Ferkelaufzucht mit einem Ferkelgewicht von 30 kg können die Temperaturen auf 22 °C abgesenkt werden. Der Temperatur-Optimalbereich in der Schweinemast liegt zwischen 26°C und 18°C fallend bis zum Ende der Mastperiode. In *Tabelle 1* sind die *optimalen Temperaturen der Stallluft* und der *Heizenergiebedarf* in kWh pro Platz in den einzelnen Produktionsphasen in der Schweinehaltung aufgeführt. Im Abferkelbereich liegt zum Beispiel der Heizenergiebedarf zwischen 600 und 1.100 kWh pro Abferkelbucht und Jahr, in der Aufzucht zwischen 120 und 180 kWh pro Ferkelplatz und Jahr und in der Schweinemast zwischen 70 und 90 kWh pro Mastplatz und Jahr. Um einen Teil dieser Heizenergie einzusparen, sollten Wärmetauscher eingesetzt werden.

Tab. 1: Temperaturansprüche und Heizenergiebedarf

Temperaturanspruch und Heizenergiebedarf		
	Optimalwerte der Stallluft	Heizenergiebedarf
Abferkelstall [Ferkelnest; Ferkel < 8 kg]	33°C - 22°C	600 - 1.100 kWh/Platz/Jahr
Deck-/Wartestall [Sauen > 100 kg]	12°C - 20°C	60 - 160 kWh/Platz/Jahr
Ferkelaufzucht [8 - 30 kg]	30°C - 22°C	120 - 180 kWh/Platz/Jahr
Schweinemast [30 - 100 kg]	26°C - 18°C	70 - 90 kWh/Platz/Jahr

(Quelle: DIN 18910; Feller 2005; Matthias 2005; Lücker 2005; Köllitsch 2007; Brügger 2009; Jais 2009)

Modellbetrachtung zur Heizenergieeinsparung beim Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen:

Laut Firmenangaben sind im Schnitt durch den Einsatz von Luft-Luft-Wärmetauschern thermische Einsparpotentiale zwischen 30 bis 40 Prozent realisierbar. Bei einem angenommenen Heizenergiebedarf von durchschnittlich 600 kWh pro Sauenplatz und Jahr in der Ferkelerzeugung (inklusive Ferkelaufzucht) entsprechen 40 Prozent einer Einsparung von 240 kWh pro Sauenplatz und Jahr. Der Heizwert von Heizöl liegt bei ca. 10 kWh/l (1 kg = 11,87 kWh; 1 l = 0,85 kg). Es könnten folglich 24 l Heizöl pro Sauenplatz und Jahr eingespart werden. Im Mastbereich wird ein Bedarf an thermischer Energie von durchschnittlich 70 kWh pro Mastplatz und Jahr angenommen. Mit einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs durch den Wärmetauscher um 40 Prozent, sind 28 kWh Heizenergie weniger pro Mastplatz und Jahr erforderlich. Dies entspricht einer Heizöleinsparung von 2,8 l pro Mastplatz und Jahr.

Zu beachten ist jedoch, dass durch den entstehenden Druckverlust beim Durchströmen des Wärmetauschers den Ventilatoren eine höhere Leistung abverlangt wird und der Elektroenergiebedarf steigt. Deshalb ist die Rentabilität der Investition in eine Wärmerückgewinnungsanlage neben den Anschaffungs- und Unterhaltskosten abhängig von der optimalen Auslegung (jede erforderliche Leistung sollte gruppierbar sein), der Leistungsaufnahme (zur Überwindung des Strömungswiderstandes) und dem Wirkungsgrad der Anlage.

Von den Herstellerfirmen werden Wärmetauscher mit einem Leistungsspektrum von 2.000 m³ (Winterlufrate) bis 80.000 m³ (Sommerlufrate), bei Heizleistungen von 8,5 kW bis 175 kW angeboten. Die Energiebedarfswerte für den Betrieb der Wärmetauscher (Zuluftventilator) liegen zwischen 0,203 kW und 1,82 kW. Je nach System können Temperaturwirkungsgrade bis 65 % erreicht werden.

Exkurs: Erdwärmetauscher

Neben den Luft-Luft Wärmerückgewinnungsverfahren ist die Technik der Luftanwärmung mit einem *Erdwärmetauscher* eine weitere Möglichkeit den Primärenergiebedarf zu reduzieren. Mit Rippenrohr-Erdwärmetauscher kann der Heizbedarf gemäß Modellrechnungen in Abferkelställen um 74 %, in Ferkelaufzuchtställen um 57 %, bei der Vormast um 82 % und bei der Endmast um 96 % im Vergleich zum Referenzstall reduziert werden (Quelle: ART-Bericht 735).

Die Entscheidung für eine Investition in die Zuluftanwärmung mittels Erdwärmenutzung muss jedoch bereits bei der Stallplanung berücksichtigt werden und kann nur in neu zu errichtenden Gebäuden verwirklicht werden.

4 Fazit

Das Hauptziel beim Einsatz von Wärmetauschern ist, durch eine Verringerung von Wärmeverlusten über die Lüftungsanlage fossile Energieträger zur Wärmeerzeugung einzusparen. Das Einsparpotential von Luft-Luft-Wärmetauscher in der Schweineproduktion liegt bei 40 Prozent. Weitere positive Effekte sind der Ausgleich von Temperaturschwankungen und eine Verbesserung der Luftqualität. Ein optimales Stallklima ist ein wichtiges Einflusskriterium für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere und somit wesentlich für die Ausschöpfung des Leistungspotentials.

Die Rentabilität einer Investition in Wärmerückgewinnungsanlagen erhöht sich mit steigenden Energiepreisen und der Anlagengröße. Auch durch die technische Weiterentwicklung mit einhergehenden Wirkungsgradsteigerungen machen eine Investition in Wärmerückgewinnungstechniken aus der Abluft für Ferkelerzeuger- und Veredelungsbetriebe sehr interessant. Insbesondere in Schweinemastställen kann bei einer Vollbelegung und mit gut gedämmten Gebäuden auf eine aufwendige Raumheizung verzichtet werden, da lediglich vor dem Einstellen im Winter die Abteile aufgeheizt werden müssen.

Literatur:

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (2007): ART Berichte Nr. 672 und 735, Reckenholz-Tänikon.

Neiber, J. (2012): Steigerung der Energieeffizienz in der Ferkelerzeugung, Vortrag in Vorderheinberg (EZG Südostbayern und AELF Passau), Freising.

Rösmann, P. und Büscher, W. (2010): Untersuchung eines Luft-Luft-Wärmetauschers unter Praxisbedingungen, Landtechnik 6.2010, S.418-420, Bonn.

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: TierundTechnik@LfL.bayern.de
Telefon: 08161/71-3450

Text: K. Bonkoß, J. Neiber, Dr. S. Nesper

1. Auflage: September 2012

Druck: Druckerei Lerchl, 85354 Freising

Schutzgebühr: 1,00 Euro

© LfL