



Naturprodukt Aktivkohle
Hintergründe und Anwendbarkeit

Naturprodukt Aktivkohle

Hintergründe und Anwendbarkeit

01 – Einleitung

01 – 1. Historische Würdigung

02 – 2. Struktur, Oberflächeneigenschaften und Adsorption

05 – 3. Herstellungsverfahren

07 – 4. Wasseraufbereitung mit Aktivkohle

Einleitung

Aktivkohle ist ein auf natürlichen Rohstoffen basierendes Material, welches durch seine poröse Struktur und der dadurch extrem großen inneren Oberfläche chemische Verbindungen und Moleküle bindet. Traditionelle Anwendung findet Aktivkohle in vielen Verfahren der chemischen Industrie. Durch die hohe adsorptive Eigenschaft kommt sie hauptsächlich bei der Reinigung von Abluft, Trink- und Abwasser sowie in der Lebensmitteltechnik, Pharmazie und Chemie zum Einsatz.

Die Ausgangsmaterialien zur Herstellung von Aktivkohle sind kohlenstoffhaltige Rohstoffe wie Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Fruchtkerne oder Kokosnussschalen. Aber auch andere kohlenstoffhaltige Materialien, wie Kunststoffabfälle oder Erdölprodukte, können aufgrund des hohen Kohlenstoffanteils zu Aktivkohle verarbeitet werden. Diese kohlenstoffhaltigen Materialien werden ähnlich der Holzkohleherstellung gewonnen und anschließend, wie der Name es sagt, aktiviert. Dieser Aktivierungsprozess vergrößert die adsorptive Eigenschaft der Kohle und führt zu einer Verbesserung der Reinigungsleistung im Vergleich zu herkömmlicher Holzkohle.

1. Historische Würdigung

Schon in der Antike war den Ägyptern, Römern und Griechen die Holzkohleherstellung bekannt. Damals nutzte man hauptsächlich die bei der Holzkohleherstellung angefallenen Nebenprodukte wie Pech und Teer. Diese Stoffe fanden aufgrund ihrer konservierenden und wasserabweisenden Eigenschaft besondere Anwendung in der Einbalsamierung von Verstorbenen und in der Abdichtung von Schiffsrümpfen. Später nutzte man die Holzkohle aufgrund des hohen Heizwertes auch zum Schmelzen und Verarbeiten von Erzen und den daraus gewonnenen Metallen. Als jedoch die Steinkohle Einzug in das Verhütten von Erzen hielt, wurde Holzkohle nach und nach aus diesem Industriezweig verdrängt.

Aber auch in der Historie der Trinkwasseraufbereitung finden sich einige überraschend interessante Anwendungen. So wird in einem Sanskrit-Text, der etwa 200 Jahre v. Chr. verfasst wurde, folgendes beschrieben: „Man tut gut daran, Wasser in Kupfergefäßen aufzubewahren, es dem Sonnenlicht auszusetzen und durch Kohle zu filtrieren“. Hierin sind zum einen die antibakteriellen Eigenschaften von Kupfer und UV-Licht und zum anderen das Filtervermögen von Kohle beschrieben. Weitere Angaben findet man erst wieder ab dem 18. Jahrhundert. Es wird berichtet, dass in wohlhabenden

Häusern hölzerne Wasserbehälter verwendet wurden, welche innen angekohlt waren. Diese Methode war zu dieser Zeit auch in der Schifffahrt gebräuchlich, um Trinkwasser für lange Seereisen frisch zu halten. Ende des 18. Jahrhunderts untersuchte erstmals der Chemiker Karl Wilhelm Scheele (1742-1786) die adsorptiven Eigenschaften von Gasen an Holzkohle. Kurze Zeit später wurde die entfärbende Eigenschaft von Kohle bei bestimmten Flüssigkeiten, wie sie beispielsweise bei der Zuckerraffination auftritt, entdeckt und industriell nutzbar gemacht. Seitdem wurden verschiedenste Ausgangsstoffe wie Pflanzenmaterialien, aber auch Knochen und Blut, für die Herstellung von Kohle verwendet. Gleichzeitig wurden Patente angemeldet, welche immer bessere Herstellverfahren von Aktivkohlen zum Inhalt hatten. Diese Prozesse werden heute Aktivierung der Kohle genannt.

2.Struktur, Oberflächeneigenschaften und Adsorption

Das Porensystem von Aktivkohle

Aktivkohle besteht aus einem unregelmäßig angeordneten Kristallgitter von Kohlenstoffatomen. Diese wahllos verschobenen Gitterebenen führen zu einer sehr porösen Struktur und damit einer großen inneren Oberfläche. Sie kann bei handelsüblicher Aktivkohle im Bereich von 500 bis 1500 Quadratmetern pro Gramm liegen. Zum Vergleich: 4 bis 5 Gramm Aktivkohle beinhalten die Fläche eines kompletten Fußballfeldes. Die innere Fläche der Aktivkohle wird anhand des Porensystems charakterisiert, vereinfacht unterscheidet man Poren verschiedener Größen bzw. Durchmesser (d).

$d > 50 \text{ nm}$	Makroporen (Zuleitungsporen)
$25 \text{ nm} > d > 2,0 \text{ nm}$	Mesoporen
$2 \text{ nm} > d > 0,4 \text{ nm}$	Mikroporen (Adsorptionsporen)
$d < 0,4 \text{ nm}$	Submikroporen

So wird zwischen Makroporen (den Zuleitungsporen ins Korninnere) und Adsorptionsporen (also den Poren, in denen die eigentliche Anlagerung der Moleküle an die innere Oberfläche stattfindet) differenziert. Die Struktur des Porensystems beeinflusst den Transport der Sorptive vom Kornrand in das Korninnere ebenso wie die Adsorptionseigenschaft des jeweiligen Stoffes an der Oberfläche. In Abbildung A ist die Porenstruktur eines Aktivkohlekorns dargestellt.

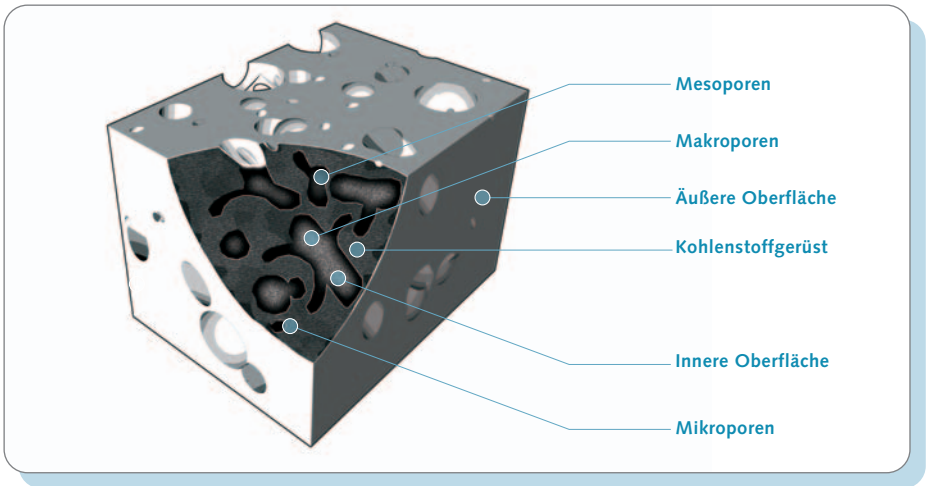


Abbildung A:
Porensystem von Aktivkohle

Oberflächeneigenschaften von Aktivkohle

Neben der Porenstruktur hat die chemische Eigenschaft der Oberfläche einen weiteren entscheidenden Einfluss auf das Adsorptionsvermögen von Aktivkohle. Bei der Fülle an Verunreinigungen, wie sie im Wasser oder in der Luft vorkommen können, wird in der Praxis die Reinigungsleistung von Aktivkohle auf ganz bestimmte Stoffgruppen ausgerichtet. Eine Auswahl von Problemstoffen, wie sie am Beispiel der Trinkwasserreinigung vorkommen kann, sei im Folgenden genannt:

- Geruchs- und Geschmacksstoffe,
- Farben,
- Mineralölkohlenwasserstoffe,
- halogenierte organische Kohlenwasserstoffe,
- organische Kohlenwasserstoffe,
- Chlor, Chlordioxid, Ozon, Permanganat,
- Schwermetalle,
- Ammonium, Nitrat,
- pharmazeutische Wirkstoffe.

Da jede dieser Verbindungen aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung ein unterschiedliches Adsorptionsverhalten und Bindungsvermögen aufweist, werden die physikalischen Eigenschaften wie Korn- und Porengröße mit den chemischen Eigenschaften der Oberfläche kombiniert. Dies führt letztendlich zu einer optimalen Reinigungsleistung im jeweiligen Anwendungsfall.

Adsorption

Als Adsorption bezeichnet man einen Vorgang, bei dem sich Stoffe an einer Oberfläche anlagern (Abb. B). Es sind zwei Typen der Adsorption bekannt. Zum einen spricht man von der physikalischen Adsorption, diese wird hauptsächlich durch die van der Waal'schen Kräfte verursacht. Die van der Waal'sche Kraft ist eine recht schwache Anziehungskraft, welche aber ausreicht, Moleküle bzw. Atome aufgrund ihrer Ladung an einer Oberfläche festzuhalten (zu adsorbieren). Diese Kraft ist reversibel, d.h. tritt eine stärkere Kraft auf, z.B. die Brownsche Molekularbewegung bei Erhöhung der Temperatur, kann der adsorbierte Stoff wieder zurückgelöst werden. Anders verhält es sich bei der chemischen Adsorption oder auch Chemisorption genannt. Hier ist wie bei allen chemischen Reaktionen eine Aktivierungsenergie zu überwinden, damit der Störstoff (Adsorptiv) eine chemische Bindung mit der Oberfläche der Aktivkohle (Adsorbens) eingeht. Die Chemisorption ist in ihrer Bindung stärker als die physikalische Adsorption. Grundsätzlich kann es aber auch hier zu einer Desorption (Rücklösung) der Stoffe führen, wenn Bindungskräfte anderer Stoffgruppen stärker ausgeprägt sind.

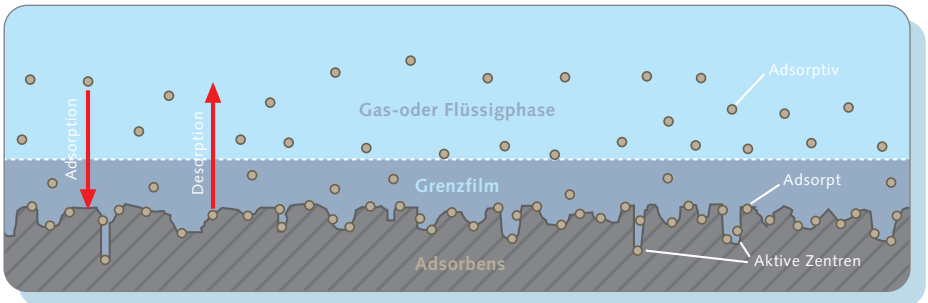


Abbildung B:
Adsorption von Aktivkohle

Ist die Kapazität (Aufnahmefähigkeit für Schadstoffe) eines Aktivkohlefilters erschöpft, so spricht in diesem Fall von einem beladenen Filter. Beladene Filter müssen jedoch nicht zwangsläufig entsorgt werden. Oftmals kann die im Filter enthaltene Aktivkohle regeneriert werden, indem die adsorbierten Stoffe von der Oberfläche der Aktivkohle wieder entfernt werden. Dieser Desorptionsvorgang (also der umgekehrte Adsorptionsvorgang) kann z. B. durch eine Druckerniedrigung oder Temperaturerhöhung bewirkt werden. Nach mehrmaliger Desorption oder auch bei der Adsorption schwer desorbierbarer Substanzen muss die beladene Aktivkohle jedoch vollständig reaktiviert werden. Hierbei durchläuft die beladene Aktivkohle einen erneuten – wenn auch kürzeren – Aktivierungsvor-

gang mit dem Ziel, die innere Oberfläche wieder auf das ursprüngliche Niveau zu heben. Eine weitere Möglichkeit, um beladene Aktivkohle zu regenerieren, ist die Extraktion. Dabei werden die adsorbierten Stoffe mit Hilfe eines organischen Lösungsmittels von der Oberfläche der Kohle entfernt. Aber auch Mikroorganismen können (makroporöse) Aktivkohle regenerieren, indem sie organische leicht desorbierbare Verbindungen biologisch abbauen.

Insbesondere bei industriellen Anwendungen kommen regenerierte Aktivkohlen zum Einsatz, so zum Beispiel in Druckereien, in der Lebensmitteltechnik, der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserreinigung. Dabei können durch die Desorption oftmals wertvolle Stoffe zurück gewonnen werden, wie es die adsorptive Rückgewinnung von Toluol in Druckereien belegt, bei der das aus der Abluft zurück gewonnene Toluol wieder in den Druckereiprozess zurückgeführt wird.

3. Herstellungsverfahren

Aktivkohle kann fast aus jedem kohlenstoffhaltigen Material hergestellt werden. Diese Ausgangsmaterialien können sowohl in unverkohlter Form als auch in Form von Kohlen und Koksen vorliegen. Das Grundprinzip der Aktivierung besteht darin, einen Teil des Kohlenstoffes unter geeigneten Bedingungen selektiv abzubauen. Der selektive Abbau hat zur Folge, dass durch das Entweichen flüchtiger Stoffe zahlreiche Poren, Spalten und Risse entstehen, in denen die Adsorption von Substanzen stattfinden kann (Abb. A). Bei der Herstellung von Aktivkohle unterscheidet man zwei Methoden: die chemische Aktivierung und die Gasaktivierung.

Bei der chemischen Aktivierung werden unverkohlte Rohstoffe wie Torf oder Sägemehl mit einem dehydratisierend (wasserentziehend) wirkenden Mittel, z.B. Zinkchlorid oder Phosphorsäure, vermischt und anschließend bei Temperaturen von 400 - 600 °C aktiviert. Hierbei entstehen hauptsächlich grobporige Aktivkohlen, welche aufgrund ihrer Eigenschaften beispielsweise zum Entfärben von Flüssigkeiten eingesetzt werden können.

Die zweite Variante ist die Gasaktivierung. Bei ihr werden im Allgemeinen bereits verkohlte Naturprodukte wie z.B. Holzkohle (Abb. C), Torfkoks, Kokosnussschalenkoks, Stein- oder Braunkohle genutzt. Diese besitzen bereits vor der Aktivierung wenige kleine Poren und damit eine erste, allerdings noch wenig ausgeprägte Adsorptionsoberfläche (Abb. D). Durch den Aktivierungsprozess wird die Anzahl der Poren und damit die Größe der Oberfläche erheblich gesteigert.

Die Aktivierung wird bei Temperaturen von 700 - 1000 °C und unter Verwendung von Wasserdampf und Kohlendioxid durchgeführt. Der Wasserdampf und das Kohlendioxid führen zu einer Teiloxidation insbesondere des nicht-kristallinen Kohlenstoffes.

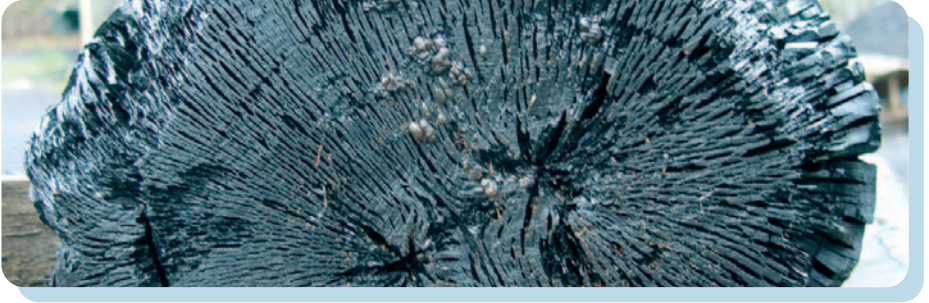


Abbildung C: Holzkohle
(Rohstoff vor der Aktivierung)

Dabei werden teerartige Produkte, die die Feinporen verstopfen, ausgetrieben und das Kohlenstoffgerüst weitgehend freigelegt. Im Inneren des Rohstoffes werden nun die gewünschten Poren für eine feinporige Aktivkohle gebildet. Da es bei der Aktivierung einer hohen Temperatur bedarf, hat sich in der Industrie die Nutzung von Drehroh-, Etagen- bzw. Schachttöfen etabliert. Hier können Aktivkohlen und ihre Porenverteilung für die verschiedenen Anwendungsfälle maßgeschneidert werden.

Aktivkohle wird als Pulver- oder Kornkohle bzw. Formkohle vertrieben. Bei der Herstellung von Formkohle z.B. für Wasserfilter (Aktivkohle-Blockfilter) wird das verkohlte Halbfabrikat pulverisiert, aktiviert und sodann mit einem Bindemittel vermischt und je nach Bedarf extrudiert oder gesintert. Die einige millimetergroße Kornkohle gibt es als gebrochene Partikel oder als stäbchenförmige Presslinge. Kornkohle wird in Adsorberbehältern verwendet, durch die der zu reinigende Gas- oder Flüssigkeitsstrom hindurch geleitet wird. Die gebrochene, scharfkantige Aktivkohle wird bevorzugt für die Wasserreinigung eingesetzt.

Durch seine kompakte Bauweise ersetzt ein Aktivkohle-Blockfilter voluminöse lose Schüttungen aus Pulverkohle. Auch ist das Aufnahmevermögen zur Anlagerung unerwünschter Stoffe deutlich erhöht und die Tendenz zur Abgabe einmal angelagerter Substanzen (so genannter chromatographischer Effekt) geringer. Bei feinporigen Blockfiltern von hoher Filterfeinheit besteht neben der chemisch-physikalischen Adsorption auch eine gute mechanische Filtrationseigenschaft gegenüber Partikeln und Mikroorganismen.

4. Wasseraufbereitung mit Aktivkohle

Die **Filterung** von Trinkwassermittels Aktivkohle ist ein vielfältiges und weit verbreitetes Verfahren. Die Anwendungen reichen von der Trinkwasseraufbereitung für den täglichen Bedarf oder für die Getränkeindustrie bis hin zur Abwasserreinigung in der Industrie oder der Aufbereitung des Wassers in Schwimmbädern.

Abwasserreinigung

In vielen Industriezweigen fallen Wässer an, welche aufgrund gesetzlicher Verordnungen und ihrer schädlichen Wirkung auf die Biologie der Kläranlagen nicht ohne Vorreinigung in die Kanalisation eingeleitet werden dürfen. Um die Kosten für Abwassergebühren zu verringern, behandeln einige Unternehmen ihre Abwässer vor der Einleitung in das Kanalsystem mit Aktivkohle.

Reinigungsverfahren mit Aktivkohle finden aber auch dort Anwendung, wo enorme Mengen Wasser verbraucht werden. Zum Beispiel lohnt es sich in Schwimmbädern nicht, das Wasser komplett auszutauschen, sondern es wird durch Desinfektion (z.B. mit Chlor) und Filterung über Aktivkohle im Kreislauf geführt. Das schont nicht nur den Geldbeutel der Unternehmen, sondern trägt aufgrund des Ressourcen schonenden Stoffes Aktivkohle zur Entlastung der Umwelt bei.

Trinkwasseraufbereitung

Trinkwasser wird meist aus Grundwasserleitern, aber auch in Grundwasser armen Regionen beispielsweise aus dem Uferfiltrat von Flüssen gewonnen. Ein großer Anteil der Verbindungen und Störstoffe, welche der Mensch in die Natur entlässt, wird bei der Versickerung durch Bodenbakterien biologisch abgebaut. Dennoch treten immer wieder Überschreitungen der gesetzlichen Grenzwerte auf, die dazu führen, dass das gewonnene Wasser vor der Einspeisung in das Trinkwassernetz aufbereitet werden muss. Die hierfür verwendeten Filter nennt man Einschicht- oder Mehrschichtfilter.

Die Einschichtfilter bestehen komplett aus nur einem Filtermaterial, wohingegen die Mehrschichtfilter aus einer Kombination von verschiedenartigen Filtermaterialien zusammengesetzt sind. Die Mehrschichtfilter bestehen meist aus einer Schicht (z.B. Sand) für den Rückhalt grober Partikel und einer Schicht Aktivkohle. Da Versorger laut Gesetz die Trinkwasserqualität nur bis zum Hausanschluss garantieren, kommen auch im privaten Bereich zunehmend Trinkwasserfilter zum Einsatz.



Abbildung D und E: Aufbau eines klassischen Erdmeilers und eines



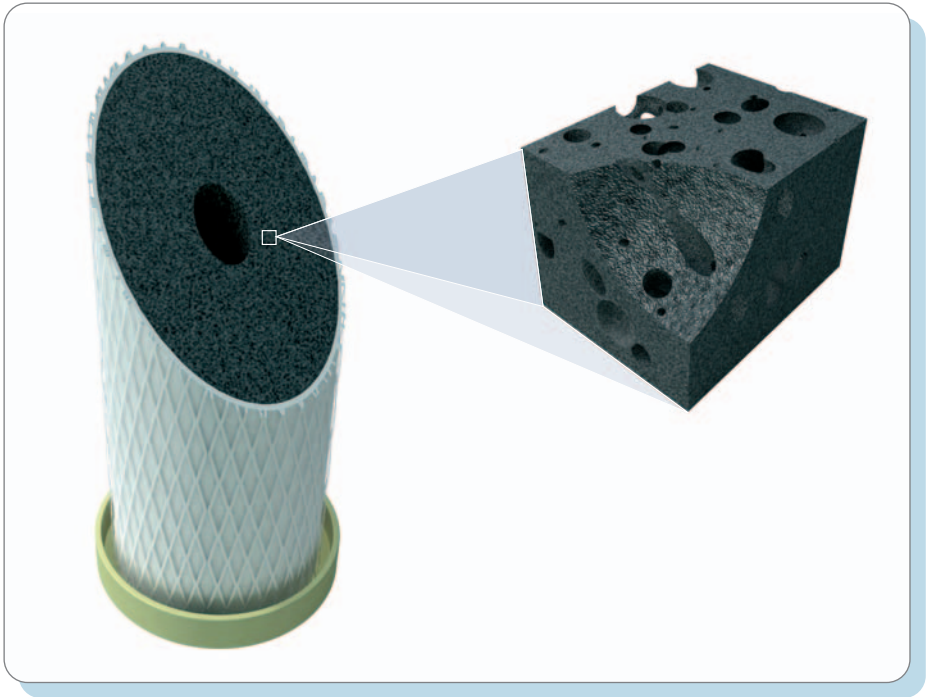
Stahlmeilers zur Holzkohlegewinnung

Diese Filter haben die Aufgabe, eventuell durch das Rohrleitungsnetz eingetragene Partikel, Bakterien, Geruchs- und Geschmacksstoffe sowie Schwermetalle zu eliminieren. Auch kann es passieren, dass Schadstoffe nicht vollständig im Wasserwerk zurückgehalten werden. Das können Pflanzenschutzmittel, Medikamentenrückstände oder gar hormonelle Substanzen sein, die durch diffusen Eintrag in das Grundwasser gelangen und das Wasserwerk ungehindert passieren. Ungeeignete oder veraltete Hausinstallationen können Schwermetalle an das Trinkwasser abgeben.

Wird bei der Auswahl der Rohrleitungsmaterialien die örtlich verschiedene Trinkwasserbeschaffenheit nur ungenügend berücksichtigt, so können Schwermetallionen gelöst werden. Das sind Ionen der Elemente Kupfer, Nickel, Zink und Blei. In all diesen Fällen ist es ratsam, direkt vor der Entnahmestelle des Trinkwassers einen Aktivkohlefilter zu installieren, der diese Schwermetalle, Arzneimittelrückstände und Pflanzenschutzmittel aus dem Trinkwasser entfernen kann (Abb. F). Die für den menschlichen Organismus essentiellen Mineralien, Salze und Spurenelemente bleiben davon unberührt. Sie passieren aufgrund ihrer geringen Größe und guten Beweglichkeit den Filter und stehen somit auch nach der Filterung zur Verfügung.

Nachhaltigkeit

Aktivkohle ist ein Naturprodukt. Aufgrund der Herstellung aus nachwachsenden Rohstoffen spricht man auch von einem CO₂-neutralen Produkt. Durch die Nutzung von Aktivkohle zur Aufbereitung von Wasser beugen wir nicht nur Gesundheitsrisiken vor, sondern schützen auch eine zunehmend knapper werdende Ressource - unsere Lebensgrundlage Wasser.



*Abbildung F:
Porenstruktur von Aktivkohle*

Impressum

Herausgeber:

CARBONIT Filtertechnik GmbH, Salzwedel
www.carbonit.com

LAGOTEC

Sensortechnik und mikrobielle Anlagensicherheit GmbH
www.lagotec.de

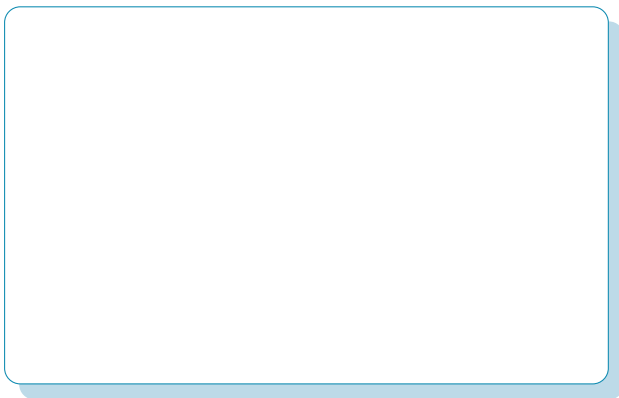
Design/Layout:

toolboxx-design, Magdeburg
www.toolboxx.net

Druck:

Stelzig Druck, Magdeburg

Ihr Fachhändler:

A large, empty rectangular box with rounded corners and a light blue border, intended for a signature or stamp. The box is positioned below the text 'Ihr Fachhändler:' and has a subtle drop shadow effect.