

# Der Strömungskanal und seine Tücken!

... oder wie wir eine Attraktion, die ihren Namen verdient, schaffen können.

Mein alter und deshalb erfahrener Chef, er wird dieses Jahr 80, sagte in einer sehr emotionalen Situation zu mir: „Wenn ein Architekt nichts mehr weiß, macht er einen Kreis!“ Für einen Schwimmbad-Architekten bedeutet dies allzu oft: „Wenn das Becken nur rechteckig aussieht, mache ich doch eine Ecke rund!“ Und schon hat der Ingenieur und der Bauherr das Problem, dass die runde Ecke den Namen „Strömungskanal“ tragen soll und zum Energievernichter mutiert.

Und weil keiner nix weiß und jeder Angst vor Wasser hat, werden statt einiger Gedanken das Geld verschwendet. Zugegeben, anfangs glaubte ich auch, dass man die Umgebung des Strömungskanals vor übergroßen Wellen schützen muss.

Doch nun der Reihe nach, erstmal ein schönes Foto von heutigem Beispiel: Ich darf vorstellen, Erlebnisbad Sumpfmühle, Eröffnung 1995:



Foto: Weners 14:03, 15. Jul. 2010, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23593140>

Zur Erklärung, die Wasserfarbe in den folgenden Beispiel-aufnahmen ist nichts anderem geschuldet, als dass diese Aufnahmen außerhalb der Saison entstanden sind. Wer's nicht glaubt, auch dem Referenzfoto von der örtlichen Webseite nicht, der findet spätestens in den bekannten Suchmaschinen nach „Erlebnisbad Sumpfmühle Hetzdorf“ den Beweis. Ein Tipp, auch ein virtueller oder realer Besuch im gleichnamigen Hotel ist zu empfehlen.



Foto: <http://www.sumpfmuehle.de>

Es soll nicht Ziel dieses Artikels sein, über die Sinnhaftigkeit einer solchen Einrichtung „Strömungskanal“ zu schreiben oder gar zu urteilen. Denn dazu sind ja die Architektenwettbewerbe

und die Meinungen des örtlichen Schwimmmeisters da. Nein, Ziel soll es sein, einige Basis-Informationen über den Strömungskanal, dieses „unbekannte hydraulische Wesen“ am Rande der deutschen Beckenlandschaft zusammen zu tragen und ein Gefühl für die Wirkungen der Hydraulik zu erhalten.

Besondere Aufmerksamkeit soll dabei dem Wasserspiegel gewidmet werden, der sich frei von dem Willen der Bauherren und Architekten, hier auf ganz besondere Weise NICHT waa-gerecht und ruhig verhält. Spätestens in dem Moment, in welchem den Beteiligten bewusst wird, dass sich hier die Fliehkraft einmischt, beginnen die Diskussionen über den Schutz der trockenen Flächen oder nicht chlor-resistenten Bepflanzungen vor den sich ausbreitenden Wassermassen.

Wie oben erwähnt liegt fast jedem Architekten die besondere Form des Kreises als letzter Ausweg aus einer Schaffenskrise sehr am Herzen. Deshalb sei die Vereinfachung des Strömungskanales auf einen geschlossenen Kreis-Ring an dieser Stelle vorerst erlaubt.

## Der geschlossene Kreis

Nehmen wir an, wir haben einen ringförmigen Kanal, gefüllt mit Wasser. Nehmen wir weiter an, der Ring hat einen ebenen Boden und wir lassen dieses Wasser rotieren.

Mit welcher Geschwindigkeit? Dazu sagen die mir bekannten Normen, Richtlinien oder Merkblätter nichts. Nun, dass wäre ja schon der erste Streitpunkt, der vorab im Wettbewerb zu klären wäre. Oder war gar die Wassergeschwindigkeit vorgegeben? Also habe ich mal ein paar Bäder angeschaut und siehe, in der Mehrzahl der besichtigten Bauwerke stellt sich eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 1,2 m/s ein. Tun wir also so, als ob es die Aufgabe wäre, und gehen in den folgenden Betrachtungen von diesem Zielwert aus.

Wie verhält sich nun der Wasserspiegel? Vorerst recht vereinfacht, auf den Wasserspiegel wirken 2 Kräfte, die Gravitationskraft und die Fliehkraft. Wie so oft auf dieser physikalischen Welt, stellt sich im stationären Zustand ein Kräfte-Gleichgewicht ein. Rechnen wir also die Erdbeschleunigung  $g$ , die mittlere Geschwindigkeit  $v$ , der Außenradius des Kanals  $R_{\text{außen}}$  usw..

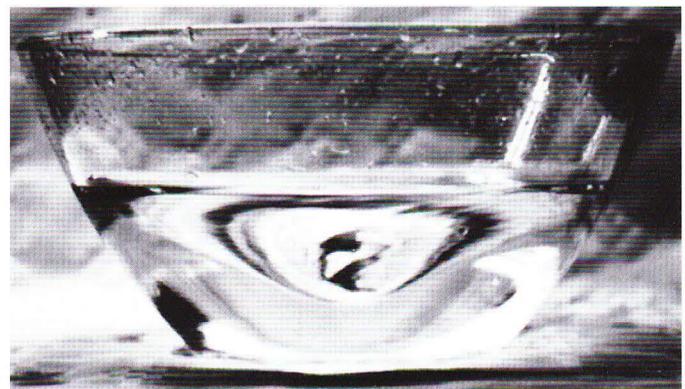


Foto: aqua&pools

$$g \equiv 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$v \equiv 1.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$R_{\text{aussen}} \equiv 4.5 \text{ m}$$

$$R_{\text{innen}} \equiv 2.0 \text{ m}$$

$$h_{\text{innen}} \equiv 1.2 \text{ m}$$

$$\omega := \frac{v}{R_{\text{aussen}}}$$

$$\omega = 0.267 \text{ Hz}$$

$$F_Z := R_{\text{aussen}} \cdot \omega^2$$

$$\text{Neigung} := \frac{\omega^2 \cdot R_{\text{aussen}}}{g}$$

$$\text{Neigung} = 0.033$$

$$h_{\text{aussen}} := h_{\text{innen}} + \text{Neigung} \cdot (R_{\text{aussen}} - R_{\text{innen}})$$

$$h_{\text{aussen}} = 1.282 \text{ m}$$

Dieses Kräftegleichgewicht führt in erster Annahme zu einer Neigung des Wasserspiegels. Die Neigung, normalerweise als Tangens eines Winkels angegeben, ist das Verhältnis von Gravitationskraft zu Fliehkraft.

Verschiedene Anfangsfaktoren aus einem fiktiven Beispiel, zur Veranschaulichung sofort mit Werten untersetzt. Die Berechnung in Hz statt in rad/sec sei hier gestattet, wir betreiben ja auch ein wenig Mathematik.

Uns, und wahrscheinlich sehr vielen vor uns, wird erschreckend klar, mehr als 8cm liegt der Wasserspiegel nach der aktuellen Berechnung außen höher als innen. Eine Flutwelle ist zu befürchten! Ein Teufelskreis, dieser Strömungskanal! Rette sich wer kann!

Oder doch nicht?

$$\text{Neigung}(R) := \frac{\omega^2}{g} \cdot R \quad |$$

$$\text{Höhe}(R) := h_0 + \int \text{Neigung}(R) \, dR$$

$$\text{Höhe}(R) := h_0 + \frac{\omega^2}{2 \cdot g} \cdot R^2 \rightarrow \frac{3.6244195265601993432 \cdot 10^{-3}}{\text{m}} \cdot R^2$$

$$\text{Höhe}(R_{\text{mitte}}) = 0.044 \text{ m}$$

$$\text{Höhe}(R_{\text{aussen}}) = 0.073 \text{ m}$$

$$\Delta h := \text{Höhe}(R_{\text{aussen}}) - \text{Höhe}(R_{\text{mitte}})$$

$$\Delta h = 0.029 \text{ m}$$

## Gleichbleibendes Volumen

Bei aller Freude genau das erwartete Ergebnis „getroffen zu haben“, trotzdem muss an die Anfangsbedingung erinnert werden: Ein geschlossener Ring! An keiner Stelle stand die Annahme, dass Wasser dazu kommt. Wenn der Wasserspiegel also außen steigt, muss das zusätzliche Volumen seinen Ursprung haben. Nicht schwer zu vermuten, was Außen zu viel, muss Innen zu wenig sein! Aber wo ist die Mitte? An welcher Stelle bleibt der Wasserspiegel konstant?

Entfernen wir uns also ein Stück von der Vereinfachung und werden ein wenig spezieller. Nehmen wir jetzt an, dass diese imaginäre Mitte wäre dadurch gekennzeichnet, dass ohne Betrachtung der Neigung außerhalb der Mitte ein genauso großes Volumen sei, wie innerhalb der Mitte.

Es folgt die Berechnung der Volumina und deren Gleichsetzung. Mit einfacher Mathematik erhalten wir den Radius, der angeben sollte, an welcher Stelle der Wasserstand konstant bleibt.

$$V_{\text{aussen}} := h_{\text{innen}} \cdot \pi \cdot (R_{\text{aussen}}^2 - R_{\text{mitte}}^2)$$

$$V_{\text{innen}} := h_{\text{innen}} \cdot \pi \cdot (R_{\text{mitte}}^2 - R_{\text{innen}}^2)$$

$$R_{\text{mitte}} := \sqrt{\frac{R_{\text{innen}}^2 + R_{\text{aussen}}^2}{2}}$$

$$R_{\text{mitte}} = 3.482 \text{ m}$$

$$h_{\text{aussen}} := h_{\text{mitte}} + \text{Neigung} \cdot (R_{\text{aussen}} - R_{\text{mitte}})$$

$$h_{\text{aussen}} = 1.233 \text{ m}$$

Wird die Neigung an dieser Mitte angesetzt, dann finden wir einen Wasserstand am äußeren Rand. Die Tatsache, dass durch die Neigung das Volumen außerhalb der Mitte geringfügig größer als innerhalb der Mitte ist, wollen wir an dieser Stelle auch weiterhin vernachlässigen. Die Höhe des Überstandes sinkt somit schon in den Millimeter-Bereich. Vorher 82 mm, jetzt 33mm! Hurraaaa, ein rechnerischer Erfolg!

## Die Parabel

Nun mag es findige Menschen geben, die beim Blick in ihr Teeglas während der Handhabung des Löffels mit scharfem

Blick erkennen, dass der Wasserspiegel sich krümmt. Von hier bis zur Erkenntnis, dass dies auch beim Strömungskanal der Fall sein sollte, ist es nur ein kleiner Schritt.

Also prüfen wir! Richtig, wir kennen jeweils die Neigung des Wasserspiegels an einer beliebigen Stelle des gedachten Durchmessers. Aber die Neigung ist eben abhängig von der Entfernung zum Mittelpunkt. Sofern wir bei der Vereinfachung bleiben, dass sich das Wasser mit konstanter Winkelgeschwindigkeit bewegen soll, haben wir eine Funktion des Radius zur Verfügung.

Glück, dass frühe Mathematiker die „erste Ableitung einer Funktion“ als deren Neigung erkannt haben (Differential-Rechnung). Wir kennen die Neigung und wollen die Funktion wissen, also fehlt uns die Rückrechnung, wir kommen ohne Integral-Rechnung nicht aus.

Siehe da, die Abhängigkeit wird quadratisch. Wir wissen jetzt aber, welche Höhe der Wasserspiegel gegenüber der Mitte annimmt. Aber wir erkennen auch, dass bei diesen großen Radien diese Mathematik übertrieben ist. Wen interessiert es schon, ob 23mm oder 29mm überlaufen!

### Der offene Kreis

Habe wir im ersten Abschnitt einen geschlossenen Ring für unsere Betrachtungen genutzt, ist natürlich zu beachten, dass dies ein wirklich seltener Fall ist. Wie sollen die Badegäste in das Wasser kommen? Ist das im Sinne der Vorschriften ein extra Becken, mit extra Aufbereitung, mit extra Regelung? Letztendlich gibt es also fast immer eine Verbindung zum Hauptbecken. Widmen wir uns dieser Verbindung etwas ausführlicher.

### Die Verbindung zum Hauptbecken

Versuchen wir gerade die Quadratur des Kreises? Einerseits wollen wir mit wenig Aufwand, denn letztendlich reden wir über Kilowattstunden pro Badegast, ein Wasservolumen in Bewegung setzen, andererseits wollen wir, dass der Badegast vom Hauptbecken zum Strömungskanal kommt. Die beiden Volumina sind verbunden. Es sollte also unser Bestreben sein, beide Systeme hydraulisch zu trennen.

### Der Wasserstand

Es bedarf jetzt keiner großen Rechenkunst, zu beweisen, dass zwischen Hauptbecken und dem Strömungskanal keine Stufe in der Wasserfläche auftreten wird. Unsere ungeliebte Fliehkraft führt dazu, dass überschüssiges Wasservolumen in das Hauptbecken gefördert wird, und der Wasserspiegel am Strömungskanal außen in einer Ebene zum Hauptbecken bleibt.

Wer's nicht glaubt, dem sei folgender Versuchsablauf geraten:

1. Becken ohne Besucher in einen stationären Zustand (Volumenstrom fest eingestellt) fahren.
2. Wasserstand im Schwallwasserbehälter fixieren.
3. Strömungskanal anfahren.
4. Zusätzliches Wasservolumen im Schwallwasserbehälter ermitteln.

Zugegeben, es handelt sich um wenige Liter. Wer diesen Messbereich nicht hat, der solle die Wasserbewegung an der Oberfläche nach dem Abschalten des Kanals beobachten. Wasser strömt nicht ohne Grund in Richtung des Strömungskanals!

Was bedeutet das? Wenn wir einen mit dem Becken verbundenen Strömungskanal haben, gibt es nur kleine Stellen, wo etwas mehr (nicht Meer) Wasser in die Rinne abläuft. Darauf kann man die Rinne und ihre Abläufe anpassen. Wie das geht? Siehe Heft 03/2015, damals war es ausführlicher. Inzwischen findet Ihr den Artikel aus 03/2015 unter [www.aquaandpools.de](http://www.aquaandpools.de) auch zum Download.

### Das Dilemma, die Sehne des Kreises

Wenn die hydraulische Trennung zwischen Strömungskanal und Becken unzureichend gelingt, dann verschwenden wir die Energie, um das Hauptbecken in eine ungewünschte Rotations-Bewegung zu bringen. Diese Anregung wird nie ganz vermieden werden, aber lassen wir doch dem Wasser wenigstens die Chance!



Erlebnisbad Sumpfmühle, Hetzdorf, Skizze: aqua&pools

Oft ist es so, dass auf dem Reißbrett der Kreis am Becken angeordnet wird und dabei die Kreisfläche auf die Beckenfläche geschoben wird. Siehe dieses Beispiel oben. Im Ergebnis ist die virtuelle Tür, in Form einer Sehne im Kreis.

Wer überzeugt jetzt aber das Wasser, sich im Strömungskanal zu bewegen und nicht, der Fliehkraft folgend, ins Hauptbecken aus zuweichen?

Es wird klar, dass die tangentielle Anordnung der Tür einer Sehne vor zu ziehen ist.

### Die Tangente des Kreises

Die Tür zum Hauptbecken soll also auf der Tangente liegen. Eine Schichtung des Wassers erfolgt dann sicherlich, aber das Wasser bewegt sich in erster Näherung ab der „Türangel“ in gerader Richtung, nicht aber an der gedachten Linie des Kreisumfanges.



Erlebnisbad Sumpfmühle, Hetzdorf, Skizze: aqua&pools

Bekannte Tatsache ist es, dass sich ein Wasserstrahl druckseitig richten lässt, saugseitig aber immer eine Halbkugel herausgebildet wird. Die gesamte Bewegung des Wassers im Strömungskanal betrachtet, ist nichts anderes als ein Strahl mit sagenhaftem Querschnitt. Der Strahl in Bewegungsrichtung sollte also am Hauptbecken „vorbeigleiten“ und eine möglichst ungestörte Grenzschicht ausbilden. Dies ist in der Praxis kaum möglich, kann aber durch geschickte Anordnung des Einganges zum Strömungskanal unterstützt werden. Der Eingang sollte so verbreitert werden, dass das Wasser, was sich entsprechend Kontinuitätsgesetz gleichsam verlangsamt hat, in voller Fläche wieder eingefangen wird. Hier wäre dann aber die Symmetrie des Kreises und die Idee des Architekten verloren gegangen...

Hier ein Beispiel, bei dem diese Auslegung nachweislich gelungen ist (Eigenlob erlaubt, oder?)



Erlebnisbad Saaleperle, Bernburg, Foto: Müller

Die Strömungsrichtung geht nicht in Richtung der Öffnung zum Hauptbecken, die Wassergeschwindigkeit ist im Bereich der Öffnung durch den Beckenboden herabgesetzt. Die nötige Leistung der Pumpen ist ca. 50% zu obigem Beispiel und muss nach Anfahren für den Betrieb weiter reduziert werden.

### Der Antriebsstrahl

In der Mehrzahl der bisher gebauten Strömungskanäle wird der Antrieb des Volumens von mehreren Düsen in der äußeren Wand des Kanals vorgenommen.

Dieser Strahl trifft auf das Wasservolumen und trägt seinen Impuls ein. Er beschleunigt das Wasser. Trotzdem unterliegt er einer Veränderung, denn die Sekundärwirbel wandeln die Energie auf geringer Strecke um. Gleichzeitig können wir beobachten, dass es zu einer Schichtung des Wassers in Umfangsrichtung kommt und der Strahl sich „an die Wand anlegt“. Häufiger Fehler ist also, dass der Antriebsstrahl einen zu hohen tangentialen Anteil hat und das Wasservolumen nicht ausreichend in axialer Richtung durchquert. Mit anderen Worten: Den Winkel zur Wand immer größer 30° halten!



Erlebnisbad Sumpfmühle, Hetzdorf, Skizze: aqua&pools

In Folge kommt es in der Regel zu einer partiellen Erhöhung der Wassergeschwindigkeit an der Außenwand des Strömungskanals. Dieser Bereich ist meist nicht dicker als 20cm und so vollkommen unwirksam für den Badegast. Der Effekt kann bei Strahlwinkeln von 0 bis 30° bezüglich der Tangente beobachtet werden.

Mit etwas Aufmerksamkeit ist auf dem oberen Foto erkennbar, dass das Wasser in der kleinen Rinne tiefer steht als im Strömungskanal. Die schwappenden Mengen sind also kaum ausreichend um diese kleine Rinne zu füllen. Die obige Behauptung, der Wasserspiegel steige nicht an, wird hier unterstützt und nachgewiesen.

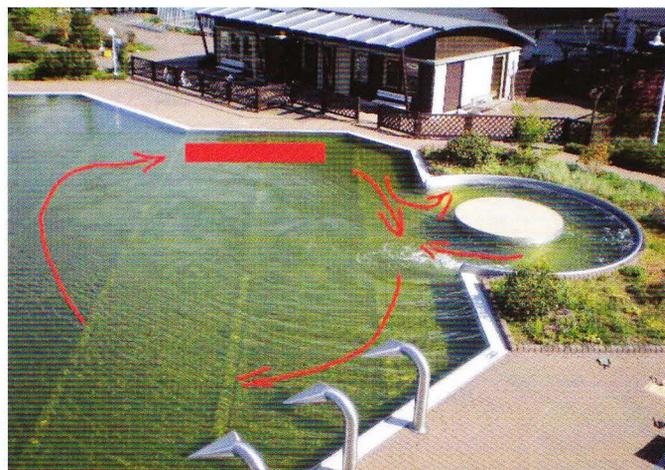
Als optimaler Winkel hat sich bei verschiedenen Versuchen der Bereich 40 bis 50° dargestellt. Hier wird in der Regel das Zentrum des Wasservolumens erreicht und entsprechend mit weniger Aufwand beschleunigt.

Der Anordnung des Antriebsstrahles bezüglich der Tür zum Hauptbecken kommt eine herausragende Bedeutung zu. Dieser letzte Impuls auf das Wasser kann und soll es in Richtung des Strömungskanals bewegen und davon abhalten, sich mit dem Wasser des Hauptbeckens zu verflüchtigen. Es ist also vorteilhaft, die Düse oder die Düsendruppe in Strömungsrichtung VOR der Verbindung mit dem Hauptbecken anzuordnen und die Bewegungsrichtung „aufzuzwingen“. Auf „Saugseite des Strömungskanals“ geht das nicht.

### Die Saugstelle

Der Betrieb der Düsen erfolgt in der Regel mit Wasser aus dem Becken. Es kommt aber nicht unerheblich auf die Frage an, wo dieses Wasser entnommen, also angesaugt, wird. Erfolgt dies im Hauptbecken erzeugen wir einen Volumenstrom, gleich der Pumpenleistung, vom Strömungskanal zum Becken. Ein erheblicher Verlust, denn der gesamte Volumenstrom muss ja von der Düse zur Ansaugung, also raus aus dem Kreis. Dumm gelaufen!

Nachfolgende Grafik zeigt eine ungünstige Anordnung, bei welcher quasi alle Strömungen gegenläufig ausgebildet werden. Das rote Rechteck stellt die Position der Saugstelle dar und erklärt, warum die Pumpenleistung von ca. 300m<sup>3</sup>/h, respektive 44kW als Heizleistung im Becken enden.



Erlebnisbad Sumpfmühle, Hetzdorf, Skizze: aqua&pools

Einfacher ist es deshalb, die Ansaugung im Strömungskanal selbst, in Strömungsrichtung nach der „Tür“ anzuordnen. Die Pumpleistung würde die Düsen unterstützen statt ungewollte Nebenströme zu erzeugen. Bitte die Vorschriften der DIN EN 123451 zu den Ansaugöffnungen nicht übersehen!



Cabriosol Pegnitz, Foto: aqua&pools

Hier mal ein anderes Beispiel mit teilweise kuriosen Ausmaßen. Im Außenring sehen wir die 8 (!) Ansaugkästen, die inklusive der Verrohrung auf 130mm Höhe untergebracht werden mussten. Die Inneren 3 Kästen sind Luft-Geysire und machen die Mittelinsel zu einem zweiten Anziehungspunkt.

Wem oben die Bodenverrohrung „ohne Tichelmann“ auffällt, bitte Geduld bis zum passenden Artikel. Immer nach dem Motto: „Es geht auch anders, wenn man rechnet!“. Wer aber nur von der Optik am Anfang entsetzt ist, für den sei das folgende Bild vom Ausgang desselben Strömungskanal nach der Fertigstellung.



Cabriosol Pegnitz, Foto: aqua&pools

## Zusammenfassung

So ein Strömungskanal ist ein komplexes Thema. Seine Funktionen in einem Kreis zusammen zu fassen ist, wie so oft in dieser Welt, sehr schwierig. Auch wenn nicht immer das Geld da ist, in einem hydraulischen Modell die Wirkung

zu testen, so sollten doch die einzelnen Komponenten wohl ausgewählt und angeordnet werden.

Am Ende mag uns allen aufgefallen sein, dass nicht die Fliehkräfte schuld daran sind, wenn das Wasser über einen Rand flutet. Mit etwas Mut und mit Überlegung kann auf diesen Rand, der den Kindern (und dem Aufsichtspersonal) nicht gefällt, vollständig verzichtet werden. Aber schauen wir uns das Bild aus Bernburg und die versteckten Details nochmal im Sinne einer Empfehlung an:



Erlebnisbad Saaleperle, Bernburg, Foto: Müller

1. In der Zeit der Planung habe auch ich nicht über den Wasserspiegel nachgedacht. Die Aufsicht über den Bereich gegenüber ist sehr schwierig. Bitte dieses Detail anders machen!
2. Der Bereich der Tür ist in einem konvex gekrümmten Bereich angeordnet.
3. Am Ausgang des Strömungskanals sind deshalb keine Düsen notwendig, die die Richtung aufzwingen.
4. Die rechts sichtbare „Anschlagwand“ eines 25m-Bereiches verhindert die Anregung des Hauptbeckens zu einer großen Rotation.
5. Die „Türholme“ sind maximal abgerundet um ein Verletzungsrisiko zu minimieren.
6. Im Bereich der Tür ist der Beckenboden auf 1,35m Wassertiefe. Gleichzeitig ist die Breite maximiert. Entsprechend dem Kontinuitätsgesetz ist die Wassergeschwindigkeit dort reduziert damit ein einfacher „Ausstieg“ möglich ist.
7. Im Bereich außerhalb der Tür ist der Beckenboden wellenartig geführt. Die Wassergeschwindigkeit wechselt deshalb, was den Badegästen besonderes Vergnügen bereitet.
8. Nicht zu vergessen sind aber die Badegäste, die ihre Sprungkraft zur Mittelinsel testen wollen.

Vielen Dank für das Interesse! Ich freue mich über jede Rückmeldung.



Wir sorgen für den **Glanz...**  
 ... Ihre Kunden für  
 das **Strahlen!**

IHR  
 HYGIENE-  
 SPEZIALIST



**DRNÜSKEN**  
 Chemie GmbH

Dr. Nüskens Chemie GmbH · Poststraße 14 · D-59174 Kamen  
 Telefon 02307.705.0 · Fax 02307.705.49 · info@drnuesken.de  
 www.drnuesken.de