

Der Spaghetti-Turm

Ein Spaghetti-Turm ist eine vertikal ausgerichtete Konstruktion, der sich über seine Höhe definiert. Das heißt die Höhe beträgt entweder ein Mehrfaches seines Durchmesser bzw. seiner Stärke und/oder er überragt deutlich die Höhe eines Nudel-Turms. Ein Spaghetti-Turm kann für sich stehen (echter Spaghetti-Turm z. B. Spaghetti-Rundturm), oder Teil einer größeren Spaghetti-Konstruktion sein (z. B. Spaghetti-Burg).

Die Spaghetti-Turm Challenge

Das Ziel der Spaghetti-Turm Challenge ist es, in Kleingruppen einen freistehenden Turm aus Spaghetti zu bauen, auf dessen Spitze ein Marshmallow platziert werden muss. Das Team, das am Ende der gegebenen Arbeitszeit den höchsten Turm gebaut hat, gewinnt. Alles, was man pro Team dafür benötigt, sind: Spaghetti, Kreppklebeband, Schnur und natürlich 1 Marshmallow. Sinnvoll ist auch der Einsatz einer sichtbaren Stoppuhr. Diese könnte z. B. über ein interaktives Whiteboard angezeigt werden; aber auch Zeitansagen funktionieren.

Folgende Mechanismen und Merkmale sind bei der Durchführung der Challenge wirksam, wie auch im Allgemeinen bedeutsam sind. Der Austausch in der Gruppe ist wichtig für eine erfolgreiche Bewältigung der Challenge. Die Erfahrung zeigt, dass Gruppen, die gut kommunizieren, gute Ergebnisse erzielen, da die verschiedenen Einzelideen zusammengeführt werden. Außerdem ist ein konzentriertes Arbeiten notwendig, um den Turm nicht zum Einstürzen zu bringen. Zudem führt kooperatives Arbeiten zu besseren Ergebnissen, da die Rollen verteilt sind und somit Ressourcen effektiver genutzt werden. Die Methode erfordert Kreativität, setzt diese aber auch frei, da die Aufgabe offen ist und nicht kleinschrittig vorgegeben wird, was wann zu tun ist. Nur das Ziel ist gesetzt, der Weg dorthin völlig frei. Das gemeinsame Ziel und der kompetitive Charakter der Übung fördern

die Motivation und somit die Bereitschaft, sich mit einem Gegenstand bzw. einem Problem zu beschäftigen. Es gibt ein reales Problem (in diesem Fall den zu bauenden Turm), für welches eine Lösung gefunden werden muss. Die Übung hat einen plausiblen Kontext. Am Ende steht (oder liegt ...) ein Produkt. Dieses klare Ziel leitet das gemeinsame Arbeiten und bildet den roten Faden für den Prozess.

So wird der Spaghetti-Turm besonders standfest!

Der Spaghetti-Turm soll standfest sein, also nicht umkippen. Entscheidend für die Standfestigkeit des Spaghetti-Turms ist die Lage seines Schwerpunktes bezüglich seiner Auflagefläche. Ein Turm ist dann standfest, wenn die am Schwerpunkt angreifende Gewichtskraft durch die Auflagefläche verläuft. Der Spaghetti-Turm befindet sich stets im stabilen Gleichgewicht. Wird er aus seiner stabilen Lage gebracht, dann wirkt auf ihn ein Drehmoment in der Weise, dass er wieder in die stabile Lage kommt.

Ein kritischer Punkt bezüglich Standfestigkeit ist genau dann erreicht, wenn die am Schwerpunkt angreifende Gewichtskraft durch den Rand der verbundenen Spaghetti verläuft. Der Turm befindet sich dann in einem labilen Gleichgewicht. Eine geringfügige Veränderung der Lage führt dazu, dass der Spaghetti-Turm entweder wieder in eine stabile Lage kommt oder umkippt und damit eine neue stabile Lage erreicht. Verläuft die am Schwerpunkt des Spaghetti-Turms angreifende Gewichtskraft nicht durch die Auflagefläche, so kippt der Turm auf jeden Fall um, wenn er sich selbst überlassen bleibt. Er gelangt danach in eine neue, in der Regel stabile Lage mit einer anderen Auflagefläche. Das hängt aber natürlich davon ab, wie stabil die einzelnen Spaghetti miteinander verbunden sind.

Alle oben genannten Betrachtungen zur Standfestigkeit gelten für alle Konstruktionsarten des Spaghetti-Turms. Zusätzliche und teilweise sehr komplizierte Überlegungen sind dann erforderlich, wenn die einzelnen Streben des Spaghetti-Turms

besonders lang sind oder der Marshmallow unverhältnismäßig hohe Axialkräfte auf die Streben auswirkt, die alle die Stabilität des gesamten Turms beeinflussen. Das gilt z.B. für nicht senkrecht stehende Bauwerke wie den schiefen Turm von Pisa, der inzwischen wieder etwas aufgerichtet und damit stabilisiert wurde.

Welche Klebeverbindungen sind besonders stabil?

Einzelne Spaghetti sollen zu einem Turm zusammengefügt werden? Dafür eignen sich unterschiedliche Klebeverfahren. Die Verwendung von hochwertigem Klebeband erweist sich bei der Konstruktion von Türmen, die dem Kriterium der Standfestigkeit entsprechen (siehe oben) im besonderen Maße. Klebeband ist eine Sammelbezeichnung für ein- oder beidseitig mit Haftklebstoffen beschichtete, streifenförmige Trägermaterialien, z. B. aus Kunststofffolien bzw. -schäumen, Papier, Metallfolien oder Textilgewebe. In der industriellen Fertigung kommen auch sogenannte Transferklebebänder zum Einsatz: trägerfreie, dünne Haftklebstofffilme, die vor der Verarbeitung beidseitig mit gewachstem oder silikonisiertem Schutzpapier abgedeckt werden. Klebebänder können durch Bedrucken und Stanzen auch zu selbstklebenden Etiketten in Bandform verarbeitet werden.

Oft wird sie an einem 25 mm breiten Klebestreifen gemessen und trägt die Einheit N/25mm. Die Reißkraft sagt aus, welche Belastung ein Band tragen kann. Die Reißkraft ist unabhängig von der Klebkraft. Einheiten sind N/mm oder N/25mm. Die Reißdehnung gibt an, um wie viel Prozent sich ein Klebeband unter Belastung verlängert, bevor es reißt. Die Klebkraft eines Klebestreifens beim Bau eines Spaghetti-Turms sollte mindestens 2,4N/25mm betragen (vgl. Ahrens 2012).

Merke! Je höher die Reißkraft und die Klebkraft einer durch Klebestreifen verbundenen Spaghetti-Turm-Eckverbindung, desto höher ist die Standfestigkeit des Spaghetti-Turms.

Das Malerклеbeband (auch Malerkrepp, Kreppband, Kreppklebeband; in der Schweiz und in Österreich Abdeckband genannt) besteht aus Zellulose und Klebstoff und wird vorwiegend zum Abkleben von Fenster- und Türrahmen oder anderen Gegenständen verwendet, um diese vor aufgetragenen Lacken, Farben oder Klebstoffen zu schützen.

Neben glattem Abdeckband wird häufig Kreppklebeband verwendet, dessen querlaufende Kreppstruktur des Trägers eine gewisse Dehnung längs des Bandes ermöglicht, wodurch sich gekurvte Konturen bis etwa zu einem Radius der fünffachen Bandbreite und gewölbte Flächen herstellen lassen. Mit einer gewissen Übung sind durch Faltung des Bandes auf der Kurveninnenseite auch engere Radien möglich.

Falls die Spaghetti nach dem Turmbau weitergenutzt werden sollen, ist bezüglich der Klebeverbindungen folgendes zu beachten: Malerkrepp lässt sich unmittelbar nach Gebrauch von den meisten Oberflächen sauber und rückstandsfrei abziehen. Je mehr Zeit vergeht, desto stärker verbindet sich das Band mit dem Untergrund, so dass beim Abziehen Teile der abgeklebten Oberfläche weggerissen werden können. In diesen Fällen kann es helfen, das Band in spitzem Winkel abzuziehen. Im Laufe der Zeit verhärtet das Band, bis es sich schließlich nur noch mit dem Spachtel entfernen lässt. Daher sollte das Klebeband nach dem Turmbau zeitig entfernt werden, um den kohlenhydratischen Verlust in Grenzen zu halten (vgl. Seedorf 2007).

Aufgrund der **Eigenschaften des Kreppbands ist unbedingt darauf zu achten**, dass die Bereiche der Spaghetti, die miteinander verbunden werden sollen absolut trocken und frei von öligen Spuren sind. Verdreckte oder feuchte Haftoberflächen verringern die Klebkraft des Klebestreifens deutlich. Auch die Reißkraft kann vor allem durch Feuchtigkeit verringert werden. Allerdings sind hier die verringernden Einflüsse auf die Reißkraft deutlich geringer als auf die Klebkraft. Die Erhaltung der Klebkraft ist essentiell für die

Konstruktion hoher Spaghetti-Türme. Bereits in der Bauphase werden die Klebeverbindungen teils bewusst, teils unbewusst einem Stresstest unterzogen. Ein mangelndes Augenmerk auf akkurate Klebeverbindungen kann so **die Bauzeit des Turms** deutlich verlängern. In ihrer Studie konnten z.B. Staden und Howe (2017) nachweisen, dass die Verringerung der Bauzeit proportional zur Klebkraft der Klebeverbindungen sein sollte. In einer Referenzgruppe (T=21) konnten Staden und Howe darüber hinaus nachweisen (2017, S.13) dass die Items Sieg und Klebkraft hoch signifikant sind ($p=0,05$).

Konstruktionen die Sie zum Sieg führen!

„Es gibt nichts Schöneres Im Leben eines Mannes als der Sieg der Spaghetti-Challenge“ (Silvio Berlusconi 1956-2017). Während **der Spaghetti-Turm** in Nordeuropa noch ein Nischendasein fristet, erfreut er sich in Italien größter Beliebtheit. Um den kompetitiven Geist der gesellschaftlichen Sozietät zu fördern, wird insbesondere in der Region Apulien das jährliche **Spaghetti-Turm-Fest** gefeiert (*ital. La festa de la torrione spaghettoni*). Die Jugendlichen beginnen üblicherweise nach der ersten Kommunion mit dem täglichen Training, um eines Tages als ruhmreicher Sieger einen Platz in den Annalen dieser mehr als 1000 Jahre alten Tradition zu ergattern. In ihrer mehrjährigen Feldstudie konnten die italienischen Gamification-Scientists Decocco und Gorlami (1992) ermitteln, welche Spaghetti-Konstruktionen sich besonders gut dafür eignen, **hohe und stabile Türme** aus dem länglich geformten Hartweizengries zu errichten. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass sowohl die Methodik als auch die Forschungsergebnisse von Decocco und Gorlami in mehreren Publikationen des österreichischen Wissenschaftlers Landa (1993, 1995) kritisiert werden. So verweist Landa (1993, S.15) zurecht darauf, dass die Probanden in den Feldstudien von Decocco und Gorlami **Spaghetti** verwendeten, die nicht der der DIN 32455-12 entsprechen. Zudem wurden in der Auswertung die Ergebnisse von

Versuchsreihen aggregiert, in denen sowohl Kreppklebeband als auch handelsübliches Gaffatape verwendet wurden. Insbesondere in Bezug auf das Gaffatape lassen die italienischen Wissenschaftler die Gamification-Community im Unklaren über die Reißkraft und die Reißdehnung. Somit sind die empirischen Ergebnisse sowie die normativen Aussagen die Decocco und Gorlami über **Standfestigkeit und Stabilität des Spaghetti-Turms** treffen mit Vorsicht zu genießen. Nichtsdestotrotz gelten die Decocco- Forschungsreihen als bahnbrechende Pionierarbeit und bieten für den ambitionierten Spaghetti-Bauherr einen Fundus an hervorragenden, in der Praxis erprobten, Konstruktionsformen. Im Folgenden werden **die besten Spaghetti-Konstruktionen** vorgestellt:

Die Formen eines Spaghetti-Turms sind (da sind sich Decocco et al und Landa einig) mannigfaltig. Bevor auf die besten Spaghetti-Konstruktionen näher eingegangen wird, müssen zuvor die Faktoren benannt werden, die die individuelle Stabilität eines Spaghetti-Turms definieren:

- Form und Größe der Turmspitze
- Masse und Masseverteilung des Spaghetti-Turms
- Marshmallowgewicht und Marshmallowverteilung (Trimmung)
- Verhalten der Bauherren (z. B. eventuelle Beweglichkeit)
- Dynamisches Verhalten des Turms
- Freie Oberflächen
- Klebeverbindungen
- Klebewinkel
- Länge und Dicke der Streben

Weitere in Betracht zu ziehende Umgebungsbedingungen sind:

- Wind
- Temperatur
- Vibrationen

Berücksichtigt man die genannten Faktoren, ergibt sich als erfolgsversprechendes Modell, folgende Konstruktionsform: