

Gain in Experience by Sewage Sludge Incineration Projects

Matthias Mann

The realization of major projects in Germany is a complex process. On the one hand, a distinction must be made between the awarding of contracts by the public sector and private project management. On the other hand, it is apparent that often planning services and the coordination of interfaces are not or cannot be handled with the necessary effort. A look at Brandenburg, even if the comparison is daring, reveals two different projects with two completely different speeds of progress. While the realization of the Tesla factory is praised as a beacon and the visible progress of the project makes one almost dizzy, the airport project in the immediate vicinity shows a completely different picture. Here, the impression should not be given that the realization of a sewage sludge incineration plant is comparable to one of the above-mentioned projects. Rather, it should be shown that the approach and implementation of major projects can be completely different.

The company KÜTTNER MARTIN Technology GmbH realizes mono-sludge incineration plants based on fluidized bed technology. At the beginning of 2018, the companies Küttner GmbH & Co. KG (KKG) from Essen and Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik from Munich announced the foundation of a joint company, KÜTTNER MARTIN Technology GmbH (KMT), based in Munich. The business purpose of the new jointly managed company, in which each partner holds a 50 % share, is the design, distribution, and construction of plants for the thermal treatment of sewage sludge. In May 2020, KMT will take over the activities in the field of sewage sludge incineration from the company OUTOTEC. This includes technologies as well as references. Thus, on the technology side, the developments already started at KKG in the 1980s could be significantly strengthened and expanded. At that time, the focus was on the conception of a fluidized bed technology for the application area of foundry sand regeneration. This basic technology was further developed and finally implemented in 2005 to a first sewage sludge incineration plant in the Infraserv Gendorf industrial park. To date, five plants have been realized, each of which has been adapted very closely to the needs of the respective site. Further projects are currently being implemented.

Erfahrung bei den Monoklärschlammverbrennungsprojekten

Matthias Mann

1.	Monoverbrennung von Klärschlamm – Wirbelschicht	286
1.1.	Schadgase im Verbrennungsprozess.....	288
2.	Auslegungsgrundsätze für Klärschlammmonoverbrennung	289
3.	Erfahrungen aus Projekten	291
4.	Quellen	293

Wer an Großprojekte in Deutschland denkt, denkt oft an jahrelange Verfahren und Bauzeiten. Dass es bei Teslas Gigafactory in Brandenburg nun auch anders geht, verleitet selbst die Grünen zu Lob für den Industriebetrieb [1]. Die Planung und Realisierung von Klärschlammverbrennungsanlagen mit dem Bau einer Fabrik zur Produktion von Elektrofahrzeugen zu vergleichen, ist, zugegebener Weise, mit Vorsicht zu genießen. Schauen wir aber trotzdem nach Grünheide in Brandenburg. Denn nur etwa 30 km von dem angesprochenen Großprojekt entsteht seit vielen Jahren der neue Hauptstadtflughafen BER und zeigt, wie weit die Spanne von Projektzeiten reichen kann und wie unterschiedlich die Ansätze sind. Mit derzeit klaren Vorteilen für das Projekt von Tesla: Nach Einschätzung des Mittelstandsbeauftragten der Bundesregierung, Thomas Bareiß (CDU), hat die Schnelligkeit Vorbildcharakter für andere Bauprojekte. *Tesla zeigt, was möglich ist, wenn politischer Wille sowie effiziente und schnelle Bearbeitungsabläufe bei Verwaltung und Gerichten auf Umsetzungswillen in Wirtschaft und Industrie treffen* [2].

Die Firma KÜTTNER MARTIN Technology GmbH (KMT) realisiert Monoklärschlammverbrennungsanlagen auf Basis der Wirbelschichttechnik. Anfang 2018 gaben die Firmen Küttner GmbH & Co. KG (KKG) aus Essen sowie die Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik aus München die Gründung des gemeinsamen Unternehmens KMT mit Sitz in München bekannt. Geschäftszweck des neuen Unternehmens, an dem beide Partner zu je 50 % beteiligt sind und das sie gemeinsam führen, ist die Konzeption, der Vertrieb und Bau von Anlagen zur thermischen Behandlung von Klärschlamm. Im Mai 2020 übernimmt die KMT den Bereich der Klärschlammverbrennung von der Firma OUTOTEC. Dazu gehören neben Technologien auch die Referenzen. Somit konnte technologieeitig die bereits in den 1980er Jahren bei KKG begonnen Entwicklungen deutlich verstärkt und erweitert werden. Im Fokus stand zu dem Zeitpunkt die Konzeption einer Wirbelschichttechnik für den Anwendungsbereich der Gießereisandregeneration. Diese grundlegende Technik wurde weiterentwickelt und schlussendlich 2005 in einer ersten Klärschlammverbrennungsanlage im Industriepark Infraser Gendorf umgesetzt.

Bis heute wurden daraus fünf realisierte Anlagen, die jeweils sehr eng an die Bedürfnisse des jeweiligen Standortes angepasst wurden. Durch den Zugang der OUTOTEC Technologie wird das Portfolio nachhaltig erweitert.

Kontinuierliche Weiterentwicklung der Technologie führte über klassische einstufige zu mehrstufigen Verbrennungsverfahren. Ein weiterer Entwicklungsschritt war die Einbindung der Abgasrezirkulation sowie der verstärkten selektiven Zuführung von nicht kondensierten Brüden. Diese Entwicklungen werden zum Teil durch immer höhere Umweltauflagen weitergetrieben. Es sind zum großen Teil allerdings auch Ergebnisse aus Bedarfsanalysen, die zusammen mit Kunden und deren individuellen Anforderungen an Standorte, Genehmigungsverfahren und nicht zuletzt Kostenmodelle zu kontinuierlichen Anpassungen führen.

Derzeit befinden sich bei KMT mehrere Projekte in der Realisierungsphase. Die einzelnen erreichten aktuellen Projektfortschritte decken von Unterstützung des Genehmigungsverfahrens bis zur Kaltinbetriebnahme einen großen Bereich der Projektentwicklung ab. Es werden neben öffentlichen Auftraggebern auch privatwirtschaftlich Auftraggeber bedient.

Im Nachfolgenden wird nun zuerst die Technologie der Monoklärschlammverbrennung in ihrem Kernbereich Wirbelschichttechnik vorgestellt, um dann auf Projektabläufe einzugehen.

1. Monoverbrennung von Klärschlamm – Wirbelschicht

Die thermische Verwertung von Klärschlämmen fußt zu einem großen Teil auf der Umsetzung in Wirbelschicht-Reaktoren. Die Technik erweist sich in der Praxis als betriebssichere Reaktorart zur Umsetzung der heizwertarmen und wasserreichen Klärschlämme.

Namensgebend für diese Reaktorart ist eine über dem Düsenboden befindliche Schüttung aus Inertmaterial. Dieses Bettmaterial, auch Wirbelbett (Wirbelschicht) genannt, wird durch ein von unten zugeführtes Gas fluidisiert. Darunter wird der Zustand verstanden, der sich einstellt, wenn eine Schüttschicht aus Feststoffpartikeln von unten mit einem Fluid (Flüssigkeit oder Gas) durchströmt wird [3]. Bei geringen Gasgeschwindigkeiten bleiben die Feststoffpartikel gegenseitig fixiert. Es handelt sich um die o.a. Festbettverfahren ohne Partikelbewegung. Mit zunehmender Anströmgeschwindigkeit, an dem Punkt, in dem die Widerstandskraft der Strömung beginnt das Gewicht der Schicht im Fluid zu tragen, lockert sich die Schüttung. Die Partikel erreichen so eine gewisse Bewegungsfreiheit. Das Verhalten der Schüttung ist nun vergleichbar mit einer Flüssigkeit. Das Festbett wird zum Fließbett, die Schüttschicht zu einer Wirbelschicht. Der Punkt der minimalen Fluidisierung ist erreicht [4], es wird vom Lockerungspunkt oder Wirbelpunkt gesprochen. Die jetzt ausgedehnte Schüttung weist mit der Lockerungsporosität ϵ_L eine höhere Porosität als die Festbettporosität ϵ_0 auf. Bis zum Erreichen des Lockerungspunktes wird eine steigende Druckdifferenz Δp über der Schüttung bei Erhöhung der Durchströmung erreicht. Wird die Durchströmung weiter gesteigert, bleibt die Druckdifferenz Δp konstant.

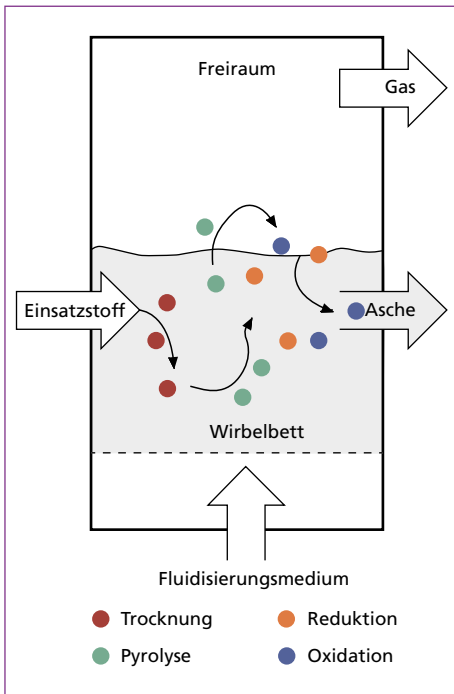


Bild 1: Schematische Darstellung der Wirbelschicht

Der Verschleiß in bzw. durch Wirbelschichten muss differenziert werden nach Verschleiß des Wirbelmediums selbst und Verschleiß der Wirbelapparatur. Letzterer beschränkt sich auf Konstruktionen mit unzureichender Materialwahl bzw. Einbauten, die im rechten Winkel zum Fluidisierungsstrom liegen, sowie Apparate, deren Betriebsbedingungen durch z.B. hohe Temperaturen oder wechselweise oxidierende und reduzierende Atmosphäre besonders materialermüdend sind [5]. Dies kann sich jedoch als eine Art schonendes Sandstrahlverfahren auch zunutze gemacht werden. Senkrechte Wandungen unterliegen einem kaum nachweisbaren Verschleiß, da der Winkel der auftreffenden Partikel i.d.R. sehr flach ist. Bei Verwendung von Katalysatormaterial oder Additiv ist der Verschleiß des Wirbelmediums ein nicht außer Acht zu lassender Betriebskostenfaktor, da durch die Partikelabrasion Verluste zu erwarten sind. Denen gegenüber steht aber eine

dadurch maximierte Partikeloberfläche, die für eine Reaktion deutliche Vorteile bietet. Für Geschwindigkeit und Ausmaß sind die Materialeigenschaften wie Härte, Sprödigkeit usw. maßgebend, ferner ihre Gestalt. Untersuchungen von [6] zufolge, stellt sich nach anfänglich hoher Erosion vorzugsweise im Bereich der Ecken und Kanten, dann ein konstanter Verlauf des Teilchenabriebs ein. Hierbei ist durch eine angepasste und zielgerichtete Konstruktion der Verschleiß zu minimieren, im Idealfall auszuschließen. Demzufolge ändern sich in erster Linie Sphärizität und Durchmesser der Partikel, was Auswirkungen auf das Wirbel- und Wärmeübertragungsverhalten hat.

Somit lassen sich Wirbelschichtanlagen unterteilen in stationäre Anlagen, bei denen es weitestgehend nicht zu einem Austrag von Partikeln kommt, und zirkulierenden Anlagen, bei denen Bettmaterial und größere, noch nicht umgesetzte Brennstoffpartikel ausgetragen und über einen Zyklon in den Reaktor zurückbefördert werden. Eine Ausnahme bilden an dieser Stelle Wirbelschichtreaktoren für die Verbrennung von Klärschlamm. Hierbei wird der hohe anorganische Anteil aufgrund seiner sehr geringen Korngröße mit dem Gasstrom aus dem Bett gerissen und über die Wärmerückgewinnung zu einer Entstaubung verbracht. Dabei ist es wichtig, keine Erweichungstemperatur im Prozess zu erreichen. Durch die Vermischung von Brennstoff und Bettmaterial bilden sich keine definierten Reaktionszonen wie bei den Festbettvergäsern aus. Die Umsetzung des Brennstoffs sowie die Weiterreaktion der Zwischenprodukte erfolgt gekoppelt an die Feststoffvermischungsströme über den gesamten Reaktor verteilt.

Darüber hinaus ermöglicht die Vermischung den Einsatz von Additiven [7]. Damit kann z.B. erhöhte SO_2 -Einbindung, quasi als Vorentschwefelung im Reaktor selbst, einfach erfolgen. Der Brennstoffeintrag in einen Wirbelschichtreaktor wird über verschiedene Wege realisiert. Je nach Einsatzstoff und geforderter Partikelverweilzeit im Reaktorinneren kann die Brennstoffzufuhr über den Reaktordeckel beziehungsweise über seitliche Fördersysteme wie etwa Wurfbeschickern erfolgen. Die Fluidisierung führt zu einer guten Vermischung des Bettmaterials je nach Geldart-Klasse sowie einer Vermischung von Bettmaterial und Brennstoff, bevor es aufgrund von Dichteunterschieden zur Entmischung kommt.

Das Ziel einer thermo-chemischen Konversion ist es, die in einem Brennstoff enthaltene Energie unter Zuführung von Wärme nutzbar zu machen. Dabei kann grundsätzlich zwischen den vier Verfahren Pyrolyse, Vergasung, Verbrennung sowie Verkohlung unterschieden werden.

Die Konversionsverfahren werden häufig durch die Luftzahl λ definiert, welche das Verhältnis von zugeführter zu stöchiometrisch, also für die vollständige Verbrennung benötigter Luftmenge, darstellt [8].

Bei der Verbrennung von Klärschlämmen in Wirbelschichtreaktoren werden naturgemäß die gesamten Teilschritte durchlaufen. Dies beginnt mit der Verdampfung der Restfeuchtigkeit, also einer Trocknung, und führt, je nach Bereich des Reaktors, von der Pyrolyse über die Vergasung bis zur vollständigen Verbrennung. Klärschlammverwertungsansätze, die die Pyrolyse als Hauptziel haben, konnten sich bisher nicht durchsetzen und zeigen sich auch in einigen Anwendungsfällen als dauerhaft und betriebssicher schwer beherrschbar. Dies gilt, wenn auch mit Einschränkung ebenfalls für die Vergasung. Die Verbrennung bedient sich all der Teilschritte, um am Ende einen maximal möglichen Ausbrand (geringste Restkohlenstoffe in den Aschen) sicher zu stellen.

1.1. Schadgase im Verbrennungsprozess

Auch wenn die öffentliche Diskussion sich in erster Linie auf CO_2 als Treibhausgas fixiert, dessen vermehrter Ausstoß zu Erhöhungen der globalen Temperaturen verantwortlich ist, so ist diese Emission bei der Monoklärschlammverbrennung eine Funktion des Durchsatzes. Stickoxyde fallen ebenfalls unter den Oberbegriff Treibhausgase. Ist dieser doch definiert durch die Eigenschaft eines Gases elektromagnetische Strahlung in Abhängigkeit der Wellenlänge entweder zu transmittieren oder zu absorbieren. Die langwelligen Strahlungen als Infrarotstrahlung werden adsorbiert und bewirken dadurch den Aufheizprozess der Atmosphäre.

Die Minimierung von Stickoxiden bzw. der Ansatz NO_x zu reduzieren bedarf vorab einer kurzen grundlegenden Bestimmung der Bildungsmechanismen sowie der dazu gehörigen Abbaumechanismen. Der Begriff NO_x ist als Sammelbezeichnung der unterschiedlichen Oxide des Stickstoffes zu verstehen, wie etwa N_2O (Distickstoffmonoxid, auch als Lachgas bekannt), NO (Stickstoffmonoxid) etc. Gemeinhin wird in erster Linie das Stickstoffmonoxid gebildet. Erst nach der eigentlichen Verbrennung und weiterer Anwesenheit von freiem Sauerstoff, etwa in der Atmosphäre, bildet sich Stickstoffdioxid.

Für die Bildung von Stickoxiden im Abgas sind in erster Linie die Temperatur der Verbrennung maßgebend sowie der im Brennstoff gebundene Stickstoff selbst. Die Entstehung von prompten Stickoxiden wird hier nicht weiterverfolgt, da diese im Bereich der Monoklärschlammverbrennung auf Wirbelschichtbasis eine untergeordnete Rolle spielen (in Anlehnung an [9]).

Für die thermische Stickoxid-Bildung ist die jeweilige Konzentration an Sauerstoffatomen, die während der Verbrennung verfügbar ist, maßgeblich verantwortlich. Die Sauerstoffkonzentration wächst infolge der Dissoziation von Sauerstoff oberhalb von rund 1.200 °C mit steigender Temperatur stark an. Infolgedessen steigt auch die Stickoxid-Bildungsgeschwindigkeit. Die Entstehung von thermischen Stickoxiden ist bei der Wirbelschichtverbrennung von Klärschlamm nicht der Haupttreiber. Dieser ist in der Umsetzung des im Brennstoff vorhandenen Stickstoffes zu finden. Der Einsatzstoff kann chemisch gebundenen Stickstoff in organischer Form (etwa Amide oder Amine) oder anorganische Stickstoffverbindungen wie NH_3 enthalten. Die Freisetzung des Einsatzstoffes Stickstoff erfolgt dabei homogen oder heterogen. Unter homogener Stickoxidbildung ist dabei nicht der Einsatzstoff Stickstoff entscheidend, sondern die Oxidation der Ammoniakradikale, die entweder aus den ursprünglichen Stickstoffverbindungen oder über die Komponenten HCN entstehen [9]. Diese Reaktionen laufen sehr langsam ab. Auch hat sich gezeigt, dass mit einer abnehmenden Luftzahl ($\lambda < 1$) ein Zurückgehen der Stickstoffmonoxidkonzentration einhergeht, da nicht genügend Sauerstoff für eine weitere Oxidation des Stickstoffes zur Verfügung steht. Allerdings steigt ab einem λ von etwa 0,8 die Produktion von Zwischenprodukten der Brennstoff-Stickstoffmonoxid-Verbindungen, die zuvor ein Minimum einnahm [11]. In Hinblick auf die Minimierung von Distickstoffmonoxidemissionen ist dieser Bereich anzustreben, da unter anderem festgestellt wurde, dass Distickstoffmonoxid nahezu ausschließlich auf die Oxidation von HCN zurückzuführen ist, während Stickstoffmonoxid neben HCN auch die Anwesenheit von NH_3 benötigt [12, 13].

Die heterogenen Bildungsmechanismen schließen sich an die homogenen Gasphasenreaktionen an. Diese resultieren aus dem weiteren Ausbrand der Feststoffpartikel und parallelen Gasphasenreaktionen. Diese Reaktionen sind weitaus komplexer, da nicht nur die Bildungen zu beobachten sind, sondern auch Reduktionsreaktionen. Im Allgemeinen lässt sich hier das Fazit ziehen, dass eine niedrige Sauerstoffkonzentration über den gesamten Gasweg die Stickstoffmonoxidbildung positiv verringert. Dies geschieht etwa durch eine gestufte Luftzugabe.

2. Auslegungsgrundsätze für Klärschlammmonoverbrennung

Entsprechend der Mechanismen, die im vorgestellten Kapitel angeführt wurden, basiert das Reaktordesign von KMT auf der Adaption verschiedener Primärmaßnahmen. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu nennen:

- die Absenkung des Sauerstoffangebotes und Einstellung je Reaktionszone,
- das Anstreben einer möglichst geringen Verbrennungstemperatur,

- die Ausbildung definierter Zonen; möglichst *langgezogene* Verbrennung zur Vermeidung von Spitztemperaturen durch gute Vermischung,
- eine Reduktion der bereits im Wirbelbett / primäre Reaktionszone gebildeten Stickstoffoxide am Flammenende der zweiten Reaktionszone,
- die Temperaturkontrolle im gesamten Prozess,
- die Abgasrezirkulation (als Unterstützung des Regelberiches) und
- die gestufte Brüdenzuführung.

In Bild 2 ③ ist eine schematische Darstellung des Reaktordesigns angeführt. Hierbei sind folgende Zonen zu unterscheiden:

- unterhalb des Düsenbodens liegt die sogenannte Windbox, an die ein Anfahrbrüden angeflanscht ist, um bei Start der Anlage die Prozesstemperatur sicher zu stellen,
- die Wirbelschicht als unterer Teil des Reaktors, oberhalb des Düsenbodens mit konischer Erweiterung zu einem Reaktionsraum,
- eine Einengung inkl. Übergangskanal mit selektiver Zugabe von Sekundärluft und
- eine ausgebildete Nachreaktionszone entweder als aufgesetzte Nachbrennkammer oder, projektabhängig, integrierte Ausbrandzone. Das Nachbrennkammerkonzept wird nahezu immer dann verfolgt, wenn die Anlage eine hohe Durchsatzleistung, also auch hohe thermische Leistung und folglich größeren Reaktordurchmesser aufweist. Bei geringeren Durchsätzen erweist sich das Design mit einem Reaktorraum als technisch und wirtschaftlich auf Grund der geringeren Investitionskosten zielführender.

Das Konzept mit aufgesetzter Nachbrennkammer-Lay-out bietet unter anderem die Möglichkeit, den Einsatzstoff an unterschiedlichen Stellen der Anlage zuzuführen. So ist es möglich, klassisch mittels Wurfbeschicker oberhalb des Konus den Einsatzstoff einzubringen. Es besteht aber auch die Option ohne spezielle Beschickungseinrichtung über den Kopf der Wirbelschicht den Brennstoff zuzugeben.

Die Primärluft wird zusammengesetzt aus angesaugter Frischluft und zugemischter Rezirkulationsluft. Dies erfolgt zum einen aufgrund der Tatsache auf die Luftzahl (λ) Einfluss zu nehmen, zum anderen aber auch aufgrund der geforderten hohen Lastspreizung der Anlage. Dadurch wird im Normalbetrieb eine lastunabhängige Temperaturkontrolle im Bett ermöglicht. Im Bereich der Wirbelschicht wird eine partielle Oxidation angestrebt. Die über den Übergangskanal geleiteten Abgase (Prozessgase) werden hier mit Sekundärluft (Frischluft) beaufschlagt. Die Sekundärluftzuführung erfolgt über eine Vielzahl von Düsen, um eine möglichst hohe gleichmäßige lastabhängige Einmischung zu erreichen. Der durch die Einschnürung bedingte Druckverlust wird in Kauf genommen, da hierdurch die Vermischung des aufsteigenden Gasstromes erheblich verbessert wird. Zusätzlich wird in dem Übergangskanal der Anteil an nicht kondensierbaren Brüden aus der Brüdenkondensation zugeführt.

Die aufgesetzte Nachbrennkammer reduziert die Gasgeschwindigkeit und es wird der vollständige Ausbrand sichergestellt. Anschließend erfolgt die Überführung des Abgases in den Kessel.

In bereits realisierten Anlagen dieser Bauart und Einzelkomponenten konnten sehr gute Ausbrandgüten bei gleichzeitig stark verminderten Stickoxidwerten erreicht werden – als Resultat der speziellen Geometrie des Designs. Der KMT-Wirbelschichtverbrennungsreaktor besitzt keine sekundären Entstickungsmaßnahmen. Mit Hinblick auf Verschärfung von Abgasgrenzwerten und der Option eine SNCR möglichst einfach nachrüsten zu können, sind bereits Stutzen an optimalen Stellen für das einfache Nachrüsten vorhanden. Diese Option wird aber mit Hinblick auf die Brüdenrückführung in den aktuellen Anlagen nicht umgesetzt.

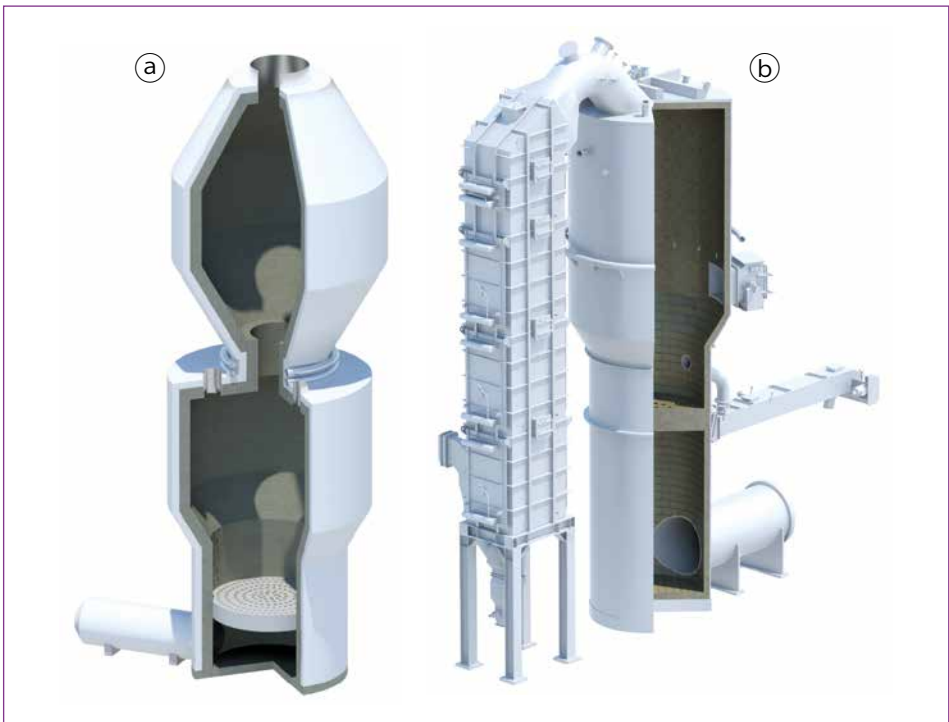


Bild 2: Schematische Darstellung eines Wirbelschichtofens mit (a) und ohne (b) Nachbrennkammer

3. Erfahrungen aus Projekten

Generell ist zu unterscheiden, wie ein Projekt angegangen wird. Öffentliche Ausschreibung unterscheiden sich stark von privatwirtschaftlichen, was naturgemäß in den unterschiedlichen rechtlichen, normativen Rahmenbedingungen die ersten Wurzeln hat. Ein weiterer Unterscheidungspunkt ist die Projektgröße. Beginnend bei dem

aus Kundensicht schnittstellenarmen EPC-Vertrag: Im Anlagenbau ist die Form der Vertragsgestaltung von EPC-Leistungen (EPC ist eine Abkürzung für Engineering, Procurement and Construction und steht im Deutschen für die Prozessschritte Planung, Beschaffung und Bau/Montage bei Projekten. Es ist ein feststehender Begriff, der im Bauwesen eine spezielle Projektabwicklungsform und Vertragsgestaltung bezeichnet) eine mögliche Form der Projektabwicklung, innerhalb derer sich der Auftragnehmer dazu verpflichtet, das fertige Projekt schlüsselfertig an den Auftraggeber zu übergeben. Im Normalfall ist der EPC-Dienstleister dazu verpflichtet, das Bauprojekt zu einem bestimmten Zeitpunkt und in einem festgelegten Kostenrahmen fertigzustellen. In diesem Zusammenhang wird auch von Lump-Sum-Turn-Key-Verträgen (LSTK) gesprochen. Alle Ingenieursleistungen, die Beschaffung und Fertigung aller notwendigen Materialien und Komponenten sowie der Bau und die Inbetriebnahme liegen bei dieser Vertragsform im Verantwortungsbereich des Kontraktors. Demgegenüber gibt es die Zerlegung eines Projektes in Einzellose. Hierbei ist die Anzahl beliebig und beginnt nicht selten bei zwei Losen, kann aber auch Bereiche von zweistelligen Losanzahlen erreichen. Die losweise Vergabe erfordert ein übergeordnetes Schnittstellenmanagement, um einen sicheren und reibungsarmen Projektablauf nicht zu gefährden. Diese Leistung wird bei dem EPC-Vertrag an den Generalunternehmer übergeben.

In laufenden Projekten wurde mehrfach die Erfahrung gemacht, dass der reale Projektablauf eng mit dem gesetzten korreliert, wenn ein hochgenaues und allumfassendes Schnittstellenmanagement und die dazu notwendige hohe Arbeitslast gestemmt wird.

Das Engineering einer komplexen Anlage muss immer zum Ziel haben, alle Output-Daten für den Kunden im Betrieb der Anlage sicher zu erreichen. Darunter werden Emissionen, Immissionen sowie Stoffströme und Leistungsdaten verstanden. Bereits für die Konzeptphase und noch vor jeglichem Genehmigungsverfahren ist es wichtig über die Stoffströme sehr detaillierte Aussagen zu treffen, um alle Modelle gut bedienen zu können. Neben Kostenmodellen sowie Umweltaspekten steht hier klar die Festlegung von Komponenten im Vordergrund. All diese Überlegungen müssen sich aber zuallererst mit dem Input auseinandersetzen. Die Beschreibung der Klärschlammzusammensetzung ist hier als führend zu sehen. Genaue Analysen der zu erwartenden Stoffströme hinsichtlich der Bestandteile, Feuchtigkeit und Änderungen im Jahresgang sind schwer aufzustellen. Daraus abzuleiten, dass Konzentrationen von z.B. Schadstoffen mit sehr hohen Bandbreiten angegeben werden, sollte aber als Lösungsansatz verworfen werden. Denn genau hierin liegen Faktoren, die viele weitere Schritte sehr negativ beeinflussen, allen voran das Kostenmodell durch Überdimensionierung oder einen – vielleicht nicht notwendigen – Technologiesprung. Besonderes Augenmerk sollte daher auf *Ausreißern* liegen. So ist das Auftreten einer Schwefelspitze im Input anders zu bewerten, wenn deren hoher Einzelwert bei 0,5 % der Jahresdurchsatzmenge zu erwarten ist, als wenn es dazu keinerlei Angaben oder Erkenntnisse gibt. Um diesem Beispiel zu folgen gibt es verschiedene Ansätze, darauf zu reagieren. Diese reichen von einfachen Möglichkeiten wie einer guten Durchmischung der Inputströme zu Anpassungen bei dem Reaktordesign bis hin zu Technologieänderungen der Rauchgasreinigung. Ein ganzheitlicher Ansatz und eine Betrachtung der

Auswirkungen von Parametervariationen über die vollständige Prozesskette ist unerlässlich und endet nie an einer Losgrenze. Auch hier wurden zahlreiche Erfahrungen gesammelt, bei denen uneinheitliche Bearbeitungstiefen zu Projektbeginn vorlagen. Auch hier ist eine Korrelation zwischen tiefer Betrachtung und umfassender Datenerhebung mit zielgerichtetem Projektablauf erkennbar.

4. Quellen

- [1] Perker, A.: Beispiel Brandenburg - Regierung erhofft sich durch Tesla-Fabrik Schwung für andere Großprojekte; <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/regierung-erhofft-sich-durch-tesla-fabrik-schwung-fuer-andere-grossprojekte-a-2392a2e2-0ec1-49bb-b10e-9288fc3651af> (abgerufen am 21.08.2020)
- [2] Kersting, S., Neuerer, D.: Großprojekte - Der Tesla-Effekt: Experten erwarten von Gigafactory Signalwirkung für andere Projekte. Der US-Elektroautokonzern baut im Eiltempo seine neue Gigafactory bei Berlin. Die Schnelligkeit hat für Politiker und Experten Vorbildcharakter für andere Vorhaben; <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/grossprojekte-der-tesla-effekt-experten-erwarten-von-gigafactory-signalwirkung-fuer-andere-projekte/26103930.html>; (abgerufen am 19.08.2020)
- [3] Stuess, M.: Mechanische Verfahrenstechnik-Partikeltechnologie 1: Beschreibung und Erzeugung von dispersen Stoffen. 3. Auflage; Springer Verlag Berlin Heidelberg; ISBN 978-3540325512; 2007
- [4] Lin, C.-L.; Wey, M.-Y.; You, S.-D.: The effect of particle size distribution on minimum fluidization velocity at high temperature. Powder Technology, Vol. 126, Nr. 3, pp. 297–301, 2002
- [5] Krishnan, R.P.; Daw, C.S.; Jones, J.E.: A review of fluidized bed combustion technology in the United States. in: Swaaij van, W.P.M., Afgan, N.H. (Eds.): Heat and mass transfer in fixed and fluidized beds, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 433-455, 1986
- [6] Beránek, J.; Rose, K.; Winterstein, G.: Grundlagen der Wirbelschichttechnik., Krausskopf- Verlag GmbH, Mainz, S. 43, S.168, S.199/200, 1975
- [7] Hamel, S.; Krumm, W.: Fortgeschrittene zweistufige Biomassevergasungsverfahren. In: VDI-GET-Tagung *Entwicklungslinien der Energietechnik*. Tagung Bochum, 4. und 5. September 2002. Düsseldorf. VDI-Verlag. (VDI-Berichte, 1714), 2002
- [8] Rumpel, S.: Die autotherme Wirbelschichtpyrolyse zur Erzeugung heizwertreicher Stützbrennstoffe. Dissertation, Universität Karlsruhe, 2000
- [9] Jansohn, P.; Kolb, T.; Leukel, W.: Bildung von Stickstoffoxiden aus Brennstoff -Stickstoff in turbulenten Diffusionsflammen und deren Reduktion durch feuerungstechnische Maßnahmen. Jahrestreffen der Verfahrensingenieure, Hannover 1988
- [10] Schrod, M.; Semel, J.; Steiner, R.: Verfahren zur Minderung von NO_x-Emissionen in Rauchgasen; Chem.-Ing.-Tech. 57 (1985) Nr. 9, S. 717-727
- [11] Kremer, H.: Grundlagen der NO_x-Entstehung und -minderung; Gaswärme International 35, 1986, S. 239-246
- [12] Löffler, G.; Andahazy, A.; Wartha, C.; Winter, F.; Hofbauer, H.: Simulation des Abbrands eines Kohlepartikels in einer stationären Laborwirbelschicht – Untersuchung der Mechanismen zur Bildung von NO_x und N₂O; VDI-Berichte Nr. 1629, 2001, S. 585-590
- [13] Wargadalam, V. J.; Löffler, G.; Winter, F.; Hofbauer, H.: Homogeneous Formation of NO and N₂O from Oxidation of HCN and NH₃ at 600 - 1000 °C; Combustion and Flame 120, 2000, S. 465-478

Ansprechpartner



Dr.-Ing. Matthias Mann
Küttner Martin Technology GmbH
Leiter Technologie
Verfahrenstechnik
Leopoldstraße 246
80807 München, Deutschland
+49 201 7293-201
+49 175 5880-660
m.mann@kuettner.com

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Olaf Holm, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Peter Quicker, Stefan Kopp-Assenmacher (Hrsg.):

Verwertung von Klärschlamm 3

ISBN 978-3-944310-52-7 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Olaf Holm
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2020
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Olaf Holm
Erfassung und Layout: Martin Graß, Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.