



Eine Marke der ADVITEC Informatik GmbH

ADVISIM
Virtual Cleaning Simulation

WHITEPAPER

Reinigbarkeit entscheidet sich im Design. Nicht in der Produktion.

Warum CIP-Anlagen nach dem Bau oft anders reinigen als geplant, was das für Produktion, QA und Lebensmittelsicherheit bedeutet und wie sich dieses Risiko bereits in der Konstruktionsphase reduzieren lässt.

Für Prozess- und Konstruktionsingenieure in der Lebensmittel-, Getränke-, Pharma- und Chemieindustrie

Die Simulationmethode des Volumenstromauftrags wurde im Dezember 2025 wissenschaftlich durch die Technische Universität Dresden geprüft.

Version 1.0 · September 2026

Herausgegeben von der ADVITEC Informatik GmbH, Dresden

www.advisim3d.de

Inhalt

Wozu dient dieses Whitepaper?	3
Wer hat das Whitepaper verfasst?	3
1. Das Fundament: drei sichtbare Faktoren und ein unsichtbarer	4
2. Wie CIP-Systeme heute ausgelegt werden	5
Erfahrungswissen: ein Fundament mit blinden Flecken	5
CAD-Hilfsgeometrien: gute Praxis mit einer systembedingten Grenze	6
Düsenhersteller-Beratung: hilfreich, aber strukturell begrenzt	6
Der Wackelkontakt zwischen Design und Betrieb	6
Warum sich das ändert	7
3. Validierung am falschen Ort: wenn der Test zu spät kommt	7
Abnahmetests: unverzichtbar, aber am falschen Punkt der Zeitachse	7
Der Zeithorizont: Wie spät ist zu spät?	8
Die Kosten, die niemand budgetiert	9
4. Reinigungssimulation: Die Lösung existiert und ist verfügbar	9
CFD: Das präziseste Werkzeug ist nicht immer das richtige	9
5. ADVISIM3D: eine Option für die Designphase	11
Was ADVISIM3D zugunsten besserer Usability bewusst vereinfacht	12
Reichweite der Auslegung: Designphase versus Betrieb	13
Im industriellen Einsatz	13
Ein Argument, das sich prüfen lässt	14
6. Wissenschaftliche Validierung im Vergleich	14
7. Fazit: Erfahrung und Simulation sind das stärkste Team	15
Quellenangaben	15
A. Vollständige Anwenderberichte	17
B. Kosten im Detail: was nicht validiertes Design kostet	18
C. Häufige Fragen und ehrliche Antworten	19

Auf einen Blick

- Reinigbarkeit wird im Design entschieden, aber selten auch dort geprüft. Wenn Fehler sich erst Monate nach Inbetriebnahme zeigen, kann die Nachbesserung teuer werden.
- Erfahrungswissen und CAD-Hilfsgeometrien stoßen bei komplexen Anlagen und Behältern an Grenzen. CFD ist präzise, aber für den Design-Alltag zu kosten- und zeitintensiv.
- Die virtuelle Reinigungssimulation ADVISIM3D schließt diese Lücke: Sprüschatten werden schon am 3D-Modell sichtbar, bevor gebaut wird.
- Die TU Dresden hat 2025 bestätigt, dass ADVISIM3D nahezu CFD-genaue Ergebnisse in Sekunden statt Wochen in einer PC-Umgebung statt auf einem Hochleistungsrechner liefert.

Für wen ist das relevant: Prozess- und Konstruktionsingenieure, die CIP-Systeme auslegen, validieren oder abnehmen

Wozu dient dieses Whitepaper?

Reinigungssimulation ist im Hygienic Design kein Nischenthema, denn sie beseitigt einen der hartnäckigsten blinden Flecken im Anlagen- und Behälterbau: die Ungewissheit, ob ein CIP-System wirklich jede Fläche erreicht, noch bevor die Anlage gebaut, abgenommen und in Produktion genommen wurde.

Dieses Whitepaper tritt für den Gedanken ein, dass Reinigbarkeit bereits im Designprozess überprüft werden sollte, weil dafür heute praxistaugliche Werkzeuge zur Verfügung stehen.

Wer als Anlagen- oder Behälterbauer seine Designs simulationsgestützt auslegt, liefert seinen Kunden aus der Lebensmittel- und Pharmabranche großen Mehrwert und eine erhöhte **Sicherheit und Dokumentation, dass die Anlage einem Audit der Hygieneanforderungen standhält.**

Wer hat das Whitepaper verfasst?

Verfasser ist die ADVITEC Informatik GmbH. Zur Vorgeschichte: Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) in Dresden beschäftigt sich seit Jahren mit der Reinigung von Prozessanlagen und wird regelmäßig zu komplexen Spritzreinigungssystemen um Rat gefragt. Diese Beratung benötigte zur empirischen Untermauerung ein leistungsfähiges Visualisierungswerkzeug.

2014 startete das BMBF-geförderte Forschungsprojekt SIMKOR mit dem Konsortialführer ADVITEC Informatik GmbH, dem Fraunhofer IVV und dem Innovations- und Simulationsservice Festenberg. Gemeinsames Ziel war es, eine softwaregestützte Simulation zu entwickeln, die bereits in der Konstruktionsphase realistische Vorhersagen zur Reinigbarkeit liefert. SIMKOR wurde von 2017 bis 2020 von Alpha- und Betakunden aus der Industrie unter Realbedingungen getestet.

Nach Bestätigung von Funktionalität und Potenzial entwickelte die ADVITEC Informatik GmbH die Software gemeinsam mit Praktikern, Forschenden und Herstellern zu dem hocheffizienten digitalen Werkzeug ADVISIM3D weiter. Seit 2020 ist es bei Kunden aus der Lebensmittel-, Getränke-, Pharma- und Chemieindustrie im Produktivbetrieb.

10 Mio. m³

Das geschätzte jährliche Einsparpotenzial an Frisch- und Abwasser durch optimierte Reinigungsauslegung liegt laut SIMKOR-Konsortium allein für die deutsche Lebensmittelindustrie bei 10 Millionen m³. Dazu kommen erhebliche Einsparungen bei Energie, Reinigungsmitteln, Zeit und Personal.

1

Das Fundament: drei sichtbare Faktoren und ein unsichtbarer

CIP, kurz für Cleaning in Place, reinigt Tanks, Behälter und Prozessanlagen ohne Demontage: Reinigungsflüssigkeit wird über fest installierte Düsen auf alle Flächen gebracht. Das Prinzip ist seit Jahrzehnten etabliert. Weshalb versagen viele CIP-Systeme unbemerkt Monate nach ihrer Inbetriebnahme? Die Antwort liefert die Physik.

In der Reinigungstechnik spricht man von den TACT-Parametern: Time, Action, Concentration, Temperature. Die Zeit, Chemiekonzentration und Temperatur sind messbar, regelbar und über Prozessleitsysteme kontinuierlich überwachbar. Das gilt nicht für den vierten Faktor, die mechanische „Action“, also der überwiegend durch den Flüssigkeitsaufschlag auf die Behälterwand erzeugten Reinigungswirkung. Er hängt von Düsentyp, Betriebsdruck der Düse, Volumenstrom und der exakten Geometrie des Behälters ab.

„Wenn der Flüssigkeitsstrahl die Tankwand nicht mit ausreichender mechanischer Wirkung trifft, können die übrigen drei Faktoren (Temperatur, Konzentration und Zeit) nichts mehr ausrichten.“

O-Ton eines erfahrenen CIP-Trainers und EHEDG-Mitglieds mit über 35 Jahren Praxis bei internationalen Herstellern

Ohne ausreichende mechanische Wirkung auf der Wand verpuffen alle anderen Maßnahmen: Mehr Chemie, längere Einwirkzeit oder höhere Temperatur kompensieren keine Düse, die eine Fläche nicht oder nicht ausreichend erreicht. Die mechanische Wirkung ist *Conditio sine qua non*, nicht eine von mehreren gleichwertigen Stellschrauben. Und sie wird durch Entscheidungen festgelegt, die Monate vor dem ersten Reinigungszyklus getroffen werden: im Designprozess, ohne direktes Feedback, ob sie funktionieren.

Der Kern des Problems: Reinigbarkeit entsteht im Design, doch erst später werden Mängel sichtbar. Wenn der Riboflavin-Test oder die ATP-Abklatschprobe am fertigen Tank oder nach Monaten Produktionsbetrieb scheitern, ist es für einfache Lösungen zu spät.

2 Wie CIP-Systeme heute ausgelegt werden

Die Branche stützt sich bei der Auslegung von CIP-Systemen häufig auf Erfahrungswissen, Konstruktionsrichtlinien und physische Tests. Gleichzeitig steigen die Anforderungen durch komplexere Behältergeometrien, mehr Prozessanschlüsse, striktere Hygieneauflagen, kürzere Validierungszyklen. Die Folgen reichen von erhöhtem Ressourcenverbrauch über teure Nachbesserungen bis hin zu Auditbefunden, deren Ursache bereits im Design lag.

Hinzu kommt ein systemisches Muster: Weil verlässliche Vorhersagen fehlen, werden Reinigungsprozesse aus Sicherheitsgründen überdimensioniert: mehr Chemie, mehr Druck, längere Laufzeiten. Das geschieht nicht, weil es nötig wäre, sondern weil niemand sicher sagen kann, dass es auch mit weniger funktioniert. Diese systematische Überdimensionierung nach dem Prinzip „mehr hilft viel“ kostet die Industrie täglich mehr Wasser, mehr Energie und mehr Reinigungsmittel als nötig.

Erfahrungswissen: ein Fundament mit blinden Flecken

Wer jahrelang CIP-Systeme auslegt und betreibt, entwickelt ein Gespür für kritische Geometrien, typische Sprüschatten-Konstellationen und bewährte Düsenkonzepte. Dieses Wissen ist real, verdient und rettet täglich Prozesse.

Doch es gibt ein strukturelles Limit für persönliche Expertise: Sie ist personengebunden, überträgt sich schlecht auf neue Geometrien und neue Kolleginnen und Kollegen, und sie kennt naturgemäß nur das, was in der Vergangenheit bereits schiefgegangen ist. Das, was im nächsten Entwurf als unentdeckte graue Zone oder Sprüschatten auf den ersten Produktionsbetrieb wartet, ist auch für den Experten *Terra incognita*.

CAD-Hilfsgeometrien: gute Praxis mit einer systembedingten Grenze

Wer keine präziseren Werkzeuge hat, zeichnet Hilfskegel und Winkelgeometrien im CAD, um Sprühwinkel und theoretische Abdeckung abzuschätzen. Das ist keine schlechte Praxis. Und ihre Grenze liegt auch nicht darin, dass CAD-Software auf zwei Dimensionen beschränkt wäre. Moderne CAD-Systeme sind selbstverständlich 3D-fähig.

Die beschränkte Validität liegt darin, dass eine gezeichnete Handvoll Hilfskegel die tatsächliche dreidimensionale Wechselwirkung mit einer komplexen Geometrie nicht systematisch erfassen kann. Sprühschatten und graue Bereiche entstehen hinter Einbauten, in Stutzen und an Hinterschneidungen, oft in Kombinationen, die sich nicht mehr so einfach durchrechnen lassen. Was in der Einzelansicht lückenlos aussehen mag, kann in der räumlichen Realität dennoch im Reinigungsschatten liegen. Der Ingenieur weiß das. Ihm fehlte bislang lediglich ein praxistaugliches Werkzeug, das sein Erfahrungswissen im Allgemeinen und die Abdeckung im Besonderen schnell, systematisch und wirtschaftlich prüft.

Düsenhersteller-Beratung: hilfreich, aber strukturell begrenzt

Einige Düsenhersteller bieten eigene Simulationswerkzeuge für ihre Beratung an. Das ist grundsätzlich ein Fortschritt, hat aber vier bekannte Grenzen:

- **Standardgeometrien:** Komplexe Behälter mit mehreren Einbauten oder Sonderformen sind häufig nicht abbildbar.
- **Sortimentsbindung:** Gezeigt werden nur Düsen aus dem eigenen Portfolio, ein herstellerunabhängiger Vergleich ist daher meist nicht möglich.
- **Externe Abhängigkeit:** Die Anfrage geht raus, die Antwort kommt irgendwann. Eigenständiges, iteratives Arbeiten im Designprozess ist so nicht möglich.
- **Kosten:** Jede Anfrage kostet erneut. Über mehrere Projekte und Iterationen summiert sich das spürbar.

Der Ingenieur erhält eine Empfehlung, aber keine eigene Vergleichsmöglichkeit. Er kann nicht selbst vergleichen und ausprobieren, sondern muss dem Ergebnis des Dienstleisters vertrauen. Die Entscheidung trifft am Ende zwar weiterhin er selbst, doch ohne eigenständiges Werkzeug tut er das auf Basis einer Vorauswahl, die er nicht überprüfen kann.

Der Wackelkontakt zwischen Design und Betrieb

Der Konstrukteur, der ein CIP-System auslegt, hat in aller Regel nie selbst erlebt, wie sich Monate realer Produktionsverschmutzung in einem Tank zeigen. Er hat keinen unmittelbaren Zugang zu den grauen Bereichen, die beim ATP-Test immer wieder auffallen.

Umgekehrt sammeln QA-Abteilung und Produktion diese Erkenntnisse täglich über Abklatschproben, ATP-Messungen und Abweichungsberichte, haben aber selten Einfluss auf das nächste Konstruktionsprojekt. Das Wissen bleibt auf der einen Seite, der Konstrukteur arbeitet auf der anderen, und umgekehrt. Das Ergebnis: Ähnliche Fehler wiederholen sich in neuen Projekten, nicht weil Ingenieure nicht gut genug wären, sondern mangels standardisierter Rückkopplung.

Warum sich das ändert

Vier Entwicklungen sprechen dafür, dass simulationsbasierte Validierung im Designprozess in den kommenden Jahren zum Standard wird:

- **Normierungsdruck:** Die EHEDG entwickelt kontinuierlich Standards für hygienisches Design und CIP-Validierung. Reinigungssimulation gewinnt in diesen Diskussionen zunehmend an Anerkennung und Bedeutung als aktueller Stand der Technik.
- **Betreiberanforderungen:** Lebensmittel- und Pharmahersteller stehen unter wachsendem Audit- und Regulierungsdruck. Es ist absehbar, dass Ausschreibungen bald einen simulationsbasierten Nachweis der Reinigbarkeit verlangen.
- **Reputationsrisiko:** Ein Produktrückruf kostet nicht nur Geld, sondern Vertrauen und im schlimmsten Fall Menschenleben. Wer ein simulationsgestützt validiertes CIP-Design nachweisen kann, steht im Ernstfall besser da als jemand, der allein auf Erfahrungswissen verweist.
- **Generationenwechsel:** Die nächste Generation von Prozess- und Konstruktionsingenieuren wächst mit digitalen Werkzeugen auf. Für sie ist Simulation kein Experiment, sondern unverzichtbarer Standard.

Die Frage ist nicht mehr, ob sich etwas ändert, sondern welche Anlagen- und Behälterbauer zuletzt reagieren.

3

Validierung am falschen Ort: wenn der Test zu spät kommt

5.250

2024 verzeichnete das EU-Schnellwarnsystem für Lebens- und Futtermittel (RASFF) 5.250 Meldungen, im Schnitt mehr als 14 pro Tag. Darunter waren Fälle mit Salmonellen, Listerien und E. coli.

Nicht jeder dieser Fälle lässt sich auf die Reinigung zurückführen. Unzureichend gereinigte Oberflächen sind aber ein bekannter Faktor, und die Ursache liegt oft lange vor der Produktion, in einer Konstruktion, die man damals hätte prüfen können.

Hygienemängel dürfen sich nicht erst am Endprodukt oder im Verbraucher, sondern müssen sich direkt im CIP-Design offenbaren. Reinigung, die reaktiv statt präventiv optimiert wird, erfüllt ihre Funktion als wichtigster Schutzwall nicht.

Abnahmetests: unverzichtbar, aber am falschen Punkt der Zeitachse

Die Industrie hat gute Validierungsmethoden entwickelt:

- **Riboflavin-Test (UV-Fluoreszenz):** Vitamin B2 auf der Innenwand leuchtet unter UV-Licht; Rückstände zeigen vom Reinigungsfluid unzureichend benetzte Stellen.
- **ATP-Abklatschprobe:** Biologische bzw. organische Rückstände werden auf Oberflächen binnen 20 Sekunden sichtbar.
- **UV-Inspektion:** Visuelle Kontrolle unter Schwarzlicht ermittelt organische Rückstände.

Diese Tests sind wertvoll und gehören zur Abnahme und laufenden Betriebskontrolle. Das Problem liegt nicht in den Tests, sondern darin, dass sie am fertigen Objekt stattfinden, also nach Konstruktion, Fertigung und Installation.



Abb. 1

Riboflavin-Test in einem Behälter: Unter UV-Licht zeigen die fluoreszierenden Rückstände, wo das Reinigungsmedium nicht ausreichend hingekommen ist.

Foto: Pharmatec GmbH, bereitgestellt im Rahmen des Forschungsprojekts SIMKOR (2015–2018)

Der Zeithorizont: Wie spät ist zu spät?

EIN BEKANNTES MUSTER AUS DER PRAXIS

Ein CIP-System wird mit Erfahrungswissen ausgelegt, die Anlage gebaut, installiert, abgenommen. Der Riboflavin-Test wird bestanden, weil die Verschmutzung bei der Abnahme noch minimal ist. Die Anlage geht in Produktion. Nach einigen Monaten erscheinen erste mikrobiologische Auffälligkeiten. Ursache: ein Stutzen im Sprüschatten, der von Anfang an dort lag, aber nie sichtbar war.

Bis eine Anlage unter Realbedingungen nachweislich verunreinigt ist, können mehrere Monate Produktionsbetrieb vergehen. Erst dann zeigt sich, ob das Design wirklich trägt. Häufig beginnt dann ein Verschlimmbesserungsprogramm: mehr Reinigungsiterationen, höherer Chemikalieneinsatz, mehr Betriebsdruck. Es ist keine Lösung, sondern der einzige verbliebene Hebel. Die eigentliche Ursache liegt im Design, das längst in physische Realität transformiert wurde.

Die Kosten, die niemand budgetiert

Mehr Reinigungszyklen, höhere Chemiekonzentration, längere CIP-Laufzeiten, Serviceeinsätze und im schlimmsten Fall der Umbau laufender Anlagen, Produktionsstopp, negative Auditbefunde oder Rückrufaktionen.

Keine dieser Kosten ist Teil des Projektbudgets. Sie werden nicht dem Designprozess zugerechnet, obwohl sie nie entstanden wären, hätte jemand in der Designphase geprüft:

Erreicht das Reinigungsmedium wirklich alle zu reinigenden Flächen mit ausreichendem Volumenstromaufschlag?

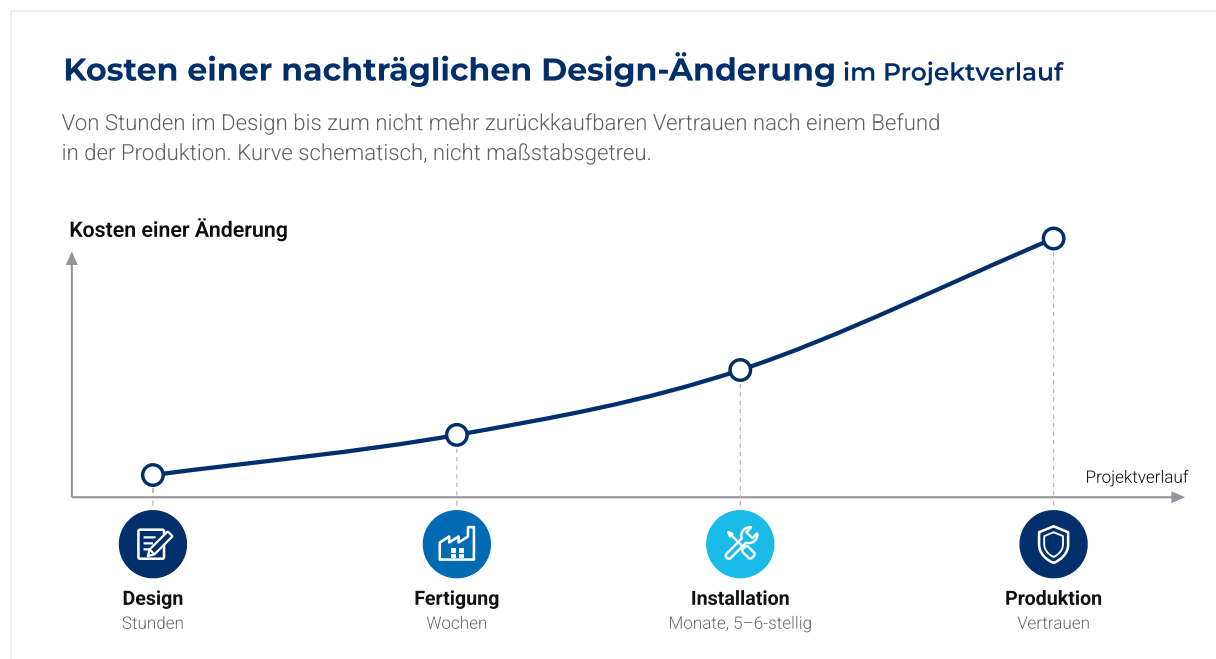


Abb. 2 Schematische Kosten einer Design-Änderung, abhängig vom Zeitpunkt im Projekt.

4 Reinigungssimulation: Die Lösung existiert und ist verfügbar

Wenn ein Ingenieur im CAD sehen kann, wie ein Behälter aussieht, warum kann er dann nicht auch sehen, ob er richtig gereinigt wird? Virtuelle Reinigungssimulation macht die Abdeckung und tote Winkel in der Strömungsgeometrie bereits im Design sichtbar. Aber wie und zu welchem Preis?

CFD: Das präziseste Werkzeug ist nicht immer das richtige

Computational Fluid Dynamics (CFD) ist der mathematische Goldstandard. Software wie ANSYS Fluent berechnet Düsenaustritt, Tropfenflug, Wandaufprall und Filmbildung physikalisch korrekt, zeit- und orts aufgelöst.

Für den Designalltag ist CFD trotzdem oft das ungeeignete Werkzeug. Weshalb? Weil es für diese Aufgabe mehr physikalisches Detail liefert, als die eigentliche Designfrage verlangt, und dadurch toolbedingt einen Rechenaufwand erzeugt, der im Projektalltag kaum vertretbar ist. Was das praktisch bedeutet, zeigt eine Studie des PMTC der University of Limerick (2025): Für die Simulation eines einzigen 27-Liter-Tanks auf dem EuroHPC-Supercomputer MeluXina, mit 480 Rechenkernen auf vier Knoten, dauerte die Berechnung rund einen Monat. Abgebildet wurde dabei gerade einmal 1,25 Sekunden realer Prozesszeit.

CFD ist ein hervorragendes Werkzeug für die Forschung oder hochkomplexe Probleme. Für das schnelle, iterative Testen im Designprozess ist es überdimensioniert und zu langsam.

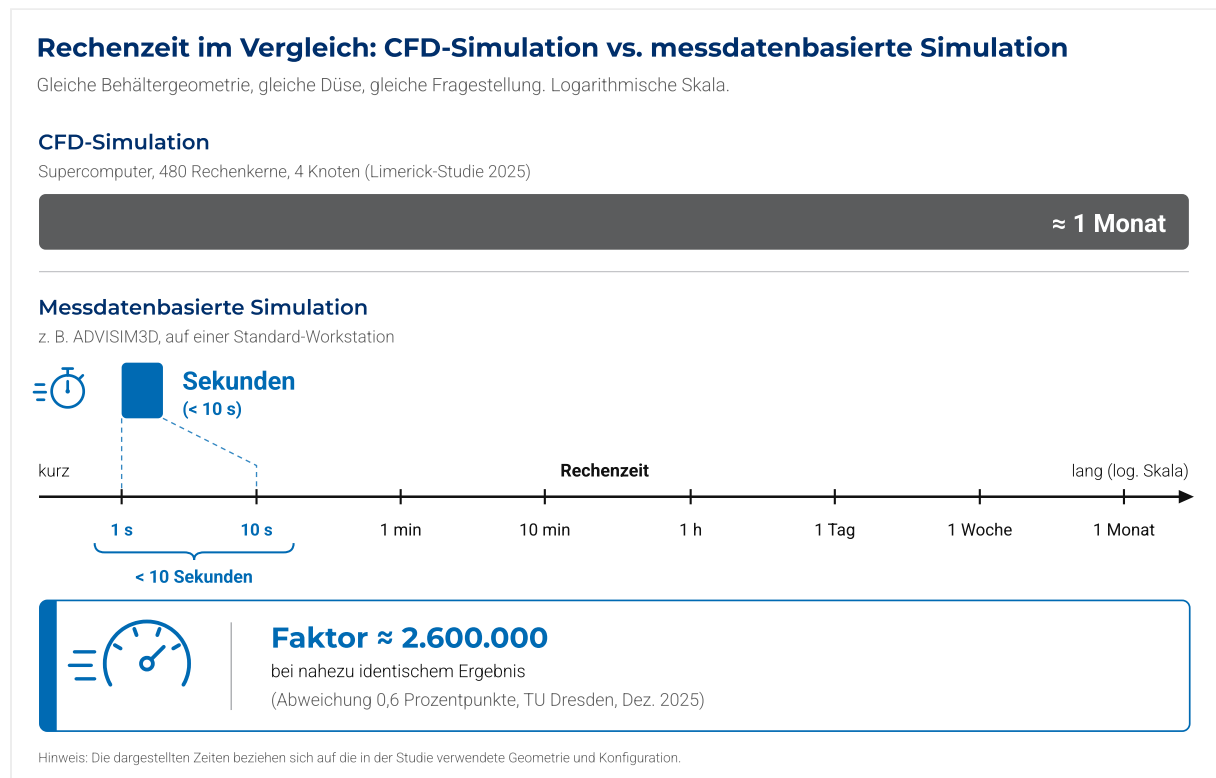


Abb. 3 Rechenzeit im Vergleich: CFD-Simulation (Supercomputer, 480 Kerne) vs. messdatenbasierte Simulation (Standard-PC, z. B. ADVISIM3D). Logarithmische Skala, Werte gerundet.

Was der Designprozess wirklich braucht

Eine virtuelle Reinigungssimulation sollte drei Eigenschaften vereinen, die bislang selten gemeinsam verfügbar waren:

- Spezifische, reale CAD-Geometrien statt Standardbehälter aus dem Katalog simulieren
- Ergebnisse in Sekunden statt Monaten bringen, für iteratives Arbeiten im Designprozess
- Eigenständige Bedienung ermöglichen, ohne CFD-Expertise, externen Dienstleister oder Wartezeit

Methode	Geschwindigkeit	Kosten	Einschränkung
Erfahrungswissen + CAD	sofort	keine	eingeschränkter 3D-Einblick in Sprüschatten
Düsenhersteller-Beratung	Wochen	je Anfrage	meist Standardgeometrien, ausschließlich Herstellerdüsen
CFD (z. B. ANSYS Fluent)	Monate	ab mind. 8.000 EUR p. a.	Hochleistungsrechner erforderlich
ADVISEM3D	Sekunden	Projektlizenz ab 1.500 EUR	individuelle Geometrie, herstelleroffener Katalog, Standard-PC

Angaben zu Düsenhersteller-Tools beziehen sich auf typische Merkmale, nicht auf eine Einzelbewertung.

5 ADVISEM3D: eine Option für die Designphase

Eine Software-Lösung, die diese drei Eigenschaften verbindet, ist ADVISEM3D. Sie wurde von der ADVITEC Informatik GmbH in Dresden in langjähriger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IVV entwickelt und ist seit 2020 in der Lebensmittel-, Getränke-, Pharma- und Chemieindustrie im industriellen Einsatz.

Das Prinzip: Die experimentell gemessene Sprühverteilung realer Düsen wird rechnerisch auf beliebige dreidimensionale Behälteroberflächen übertragen. Das Verfahren basiert auf physikalischen Messdaten statt auf mathematischer Strömungsberechnung. Ergebnis: eine belastbare Aussage in Sekunden auf einer Standard-PC-Workstation, ohne Supercomputer, ohne CFD-Expertise und ohne Wartezeit.

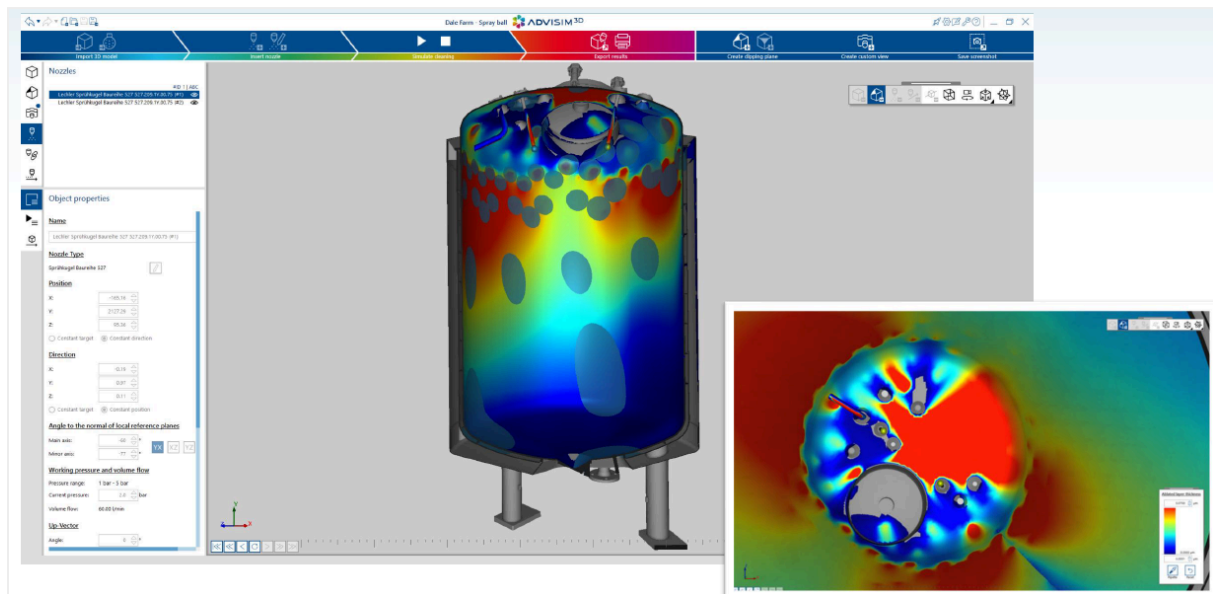


Abb. 4 Simulation mit einer Sprühkugel

Was die Software leistet

- **STEP-Import:** Beliebige Behältergeometrie direkt aus dem CAD, ohne Ummodellieren oder Vernetzen
- **Düsen-Katalog:** Rund 125 experimentell vermessene Düsen verschiedener Hersteller. Weitere Düsen lassen sich auf Anfrage wissenschaftlich vermessen oder mit dem integrierten Düsendesigner selbst erstellen.
- **Echtzeit-Visualisierung:** Sprüschatten werden sofort sichtbar, sobald Düsenpositionen verändert werden.
- **Quantitative Auswertung:** Flüssigkeitsmenge pro Teilfläche und Variantenvergleich, für eine objektive Entscheidungsgrundlage
- **Konservative Auslegung:** Die Simulationsbasis bildet eine Verschmutzung ab, die schwerer zu entfernen ist als Riboflavin. Eine Auslegung, die in der Simulation besteht, hat damit eine konservative Sicherheitsmarge gegenüber der späteren Abnahme.

Was ADVISEM3D zugunsten besserer Usability bewusst vereinfacht

ADVISEM3D verwendet einen statistischen, messdatenbasierten Ansatz: Die Gesamtheit aller Einflüsse wird anders als bei CFD nicht als physikalische Einzelpartikelsimulation im Raum, sondern aggregiert auf der Modelloberfläche berechnet. Fallfilme entlang von Wandflächen und Wandschubspannungen werden dadurch vereinfacht statt physikalisch exakt abgebildet. CFD kann das präziser, allerdings um den Preis von Wochen bis Monaten Rechenzeit.

Für die Frage, die im Designprozess zählt (wo liegt der Sprüschatten und welche Bereiche sind kritisch?), ist der Unterschied in der Leistungsfähigkeit praktisch irrelevant. Die TU Dresden hat eine Abweichung von lediglich 0,6 Prozentpunkten gegenüber einer hochaufgelösten CFD-Referenzsimulation nachgewiesen (siehe Kapitel 6).

Reichweite der Auslegung: Designphase versus Betrieb

ADVISEM3D bildet den Auslegungszustand einer Anlage auf Basis der spezifizierten Düsen, ihrer Herstellerdaten und der realen Geometrie ab. Die Auslegung bleibt gültig, solange die Anlage entsprechend den vorgesehenen Wartungsintervallen betrieben wird (z. B. Düsenreinigung, Dichtungswechsel, Entkalkung). Verschleiß- oder Verschmutzungseffekte außerhalb dieser Wartung liegen im Verantwortungsbereich des Anlagenbetriebs und können, wie bei jedem CAD-Werkzeug, nicht durch die Auslegung kompensiert werden. Für eine kontinuierliche Zustandsüberwachung im Betrieb kann die simulationsbasierte Auslegung bei Bedarf durch Sensorik ergänzt werden.

Im industriellen Einsatz

ADVISEM3D ist seit 2020 bei Unternehmen im Einsatz, die CIP-Reinigung unter hohen Hygiene- und GMP-Anforderungen verantworten, darunter Anlagenbauer, Maschinenhersteller und Pharma-Prozesstechnik-Anbieter wie ZETA Holding, SIG, Bausch + Ströbel oder Pharmatec (Syntegon). Die besonderen Stärken der Anwendung kommen insbesondere bei individuellen Systemen zum Tragen, bei denen die Reinigbarkeit durch Sprühabdeckung, Sprüschatten oder komplexe Geometrien erschwert wird.

Typische Anwendungsfälle von ADVISEM3D: Tanks, Misch- und Reaktionsbehälter, Fermenter und Bioreaktoren mit komplexen Einbauten, aseptische Abfüllmaschinen und Pharmamaschinen mit engen Anschlüssen. In mehreren Fällen konnten Tests und Wasserverbrauch spürbar reduziert werden, weil Düsenkonfigurationen virtuell statt am realen Bauteil optimiert werden.

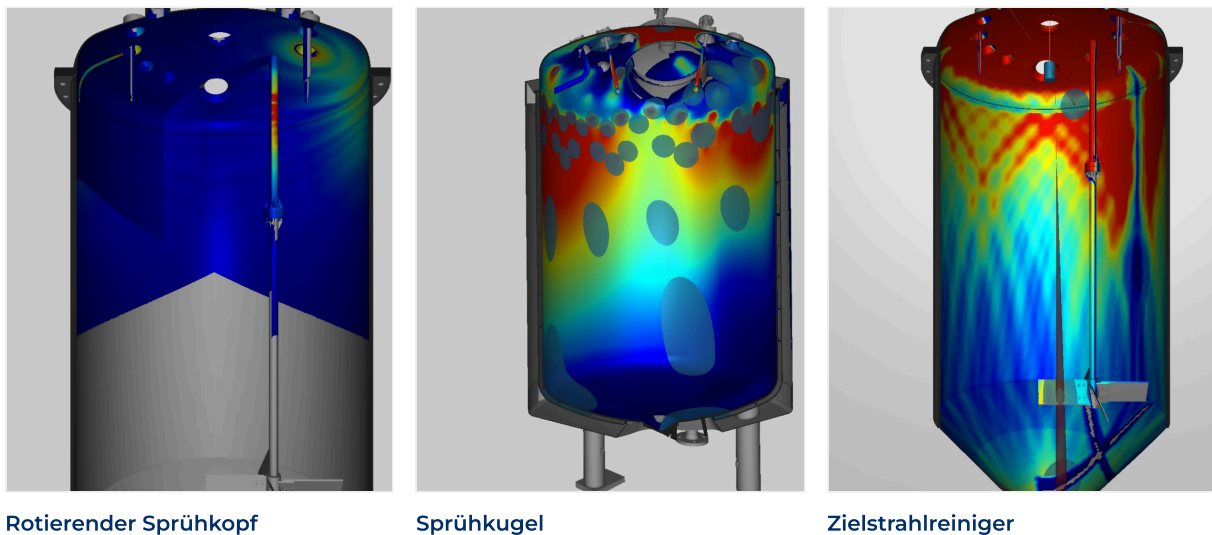


Abb. 5 Verschiedene Reinigungsgeräte, simuliert in ADVISEM3D. Sprüschatten und Volumenstromverteilung werden direkt auf der Behältergeometrie sichtbar.

Ausführliche Anwenderberichte finden Sie im Anhang sowie unter www.advise3d.de/user-stories.html.

Ein Argument, das sich prüfen lässt

Wer Reinigungssimulation in den Designprozess integriert, gewinnt neben einem besseren Reinigungsergebnis einen dokumentierten Nachweis, dass das CIP-Design für die konkrete Geometrie ausgelegt und vor dem Bau geprüft wurde. Und zwar nicht allein auf Basis von Erfahrungswissen, sondern durch eine geometriespezifische, wirklichkeitsnahe Simulation.

Für Anlagenbauer kann das ein entscheidendes Differenzierungsmerkmal gegenüber Wettbewerbern sein. Für Betreiber und QA-Abteilungen bedeutet es mehr Transparenz und Sicherheit in der Vorbereitung von Audits. Warum nicht die Vorteile einer frühzeitigen Einführung nutzen, statt zu warten, bis die Nichteinführung ein Wettbewerbsnachteil geworden ist?

6 Wissenschaftliche Validierung im Vergleich

Behauptungen über Simulationsgenauigkeit sind leicht gemacht. Die TU Dresden hat sie in einer eigenständigen Vergleichsstudie überprüft (Köhler, Dezember 2025, Kurzfassung frei verfügbar, Langfassung auf Anfrage): Die Professur für Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik (Dr.-Ing. Hannes Köhler) verglich ADVISIM3D direkt mit der PMTC-Studie der University of Limerick, einer physikalisch hochaufgelösten CFD-Simulation auf dem EuroHPC-Supercomputer MeluXina mit 480 Kernen und rund einem Monat Rechenzeit für 1,25 Sekunden Prozesszeit. Simuliert wurden jeweils exakt dieselbe Behälterkonfiguration und dieselbe Düse.

DAS ERGEBNIS

Supercomputer (480 Kerne, rund 1 Monat)	3,8 %
ADVISEM3D (Standard-PC, Sekunden)	3,2 %

Unbenetzte Fläche

Abweichung: 0,6 Prozentpunkte (innerhalb der Messungenauigkeit)

Beide Simulationen identifizierten dieselben kritischen Stellen, dieselben Sprüschatten und dieselben Empfehlungen zur Düsenpositionierung, bei einem Unterschied in der Rechenzeit um den Faktor 2.600.000.

„Die unbenetzten Bereiche wurden mit beiden Simulationsansätzen gleichartig identifiziert. ADVISIM3D hat den für eine ingenieurmäßige Anwendung entscheidenden Vorteil einer nahezu Echtzeitfähigkeit, und die Validität dieser Simulationsmethode wird durch den Vergleich mit einer physikalisch hochaufgelösten Simulation noch einmal deutlich gestärkt.“

Dr.-Ing. Hannes Köhler, TU Dresden, Dezember 2025

7 Fazit: Erfahrung und Simulation sind das stärkste Team

Erfahrungswissen bleibt das unverzichtbare Fundament. Kein Werkzeug ersetzt das Gespür, das aus Jahren CIP-Praxis entsteht, und das ist auch nicht die Absicht.

Was Simulation leistet und Erfahrungswissen allein nicht leisten kann: in eine Geometrie hineinzuschauen, bevor sie produktiv geht. Nur eine Simulation erkennt den Sprüschatten in einem kritischen Bereich, bevor auch nur ein Liter Wasser geflossen ist.

ADVISIM3D baut die Brücke zwischen Design und Betrieb und schenkt dem Konstrukteur, der selbst nie Monate Produktionsverschmutzung erlebt hat, ein Werkzeug, das Erkenntnisse aus der Betriebspraxis in den Designprozess übersetzt. Das ist kein Ersatz für Intuition, sondern eine Erweiterung und ein Proof of Concept in Echtzeit.

Wer das an einer eigenen Geometrie sehen möchte: Ein STEP-Export der eigenen CAD-Konstruktion genügt für eine erste Auswertung. Auf www.advisim3d.de finden Sie Kontaktdaten und Testmöglichkeiten.

Quellenangaben

1. Köhler, H. (TU Dresden, Professur für Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik): Vergleichsstudie zur Tankreinigungssimulation: ADVISIM3D. Dezember 2025. Kurzfassung (englisch) frei verfügbar unter www.advisim3d.com; Langfassung auf Anfrage.
2. Moghimi, M.H.; Karimi-Jafari, M.; Shardt, O. (PMTIC, University of Limerick): Simulations of sprays in vessels and the effects of key variables for understanding cleaning processes. Chemical Engineering Research and Design, Vol. 217, 2025, S. 128–151. doi.org/10.1016/j.cherd.2025.03.027
3. Goode, K.R.; Asteriadou, K.; Robbins, P.T.; Fryer, P.J.: Fouling and Cleaning Studies in the Food and Beverage Industry Classified by Cleaning Type. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12: 121–143, 2013.

4. Fryer, P.J.; Asteriadou, K.: A Prototype Cleaning Map: A Classification of Industrial Cleaning Processes. Trends in Food Science & Technology, Vol. 20, Nr. 6–7, S. 255–262, 2009.
5. Palabiyik, I.; Yilmaz, M.T.; Fryer, P.J.; Robbins, P.T.; Toker, O.S.: Minimising the environmental footprint of industrial scaled cleaning processes by optimisation of a novel clean-in-place system protocol. Journal of Cleaner Production, Vol. 108, S. 1009–1018, 2015.
6. Europäische Kommission: Alert and Cooperation Network: 2024 Annual Report. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2025.
7. EHEDG (European Hygienic Engineering and Design Group): Doc. 50: Hygienic Design Requirements for CIP Installations. Erstausgabe, Juli 2019. www.ehedg.org
8. Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV: Virtual testing of cleaning efficiency: Software zur Simulation von Spritzreinigungssystemen (Forschungsprojekt SIMKOR). www.ivv.fraunhofer.de
9. ZETA Holding GmbH, SIG, Bausch + Ströbel, Pharmatec GmbH (Syntegon): Anwenderberichte ADVISIM3D. www.advisim3d.de/user-stories.html

ANHANG

Die folgenden Inhalte ergänzen das Whitepaper, sind aber für das Verständnis des Kernthemas nicht erforderlich: ausführliche Anwenderberichte, vertiefende Kostenbetrachtungen sowie häufige Fragen.

A. Vollständige Anwenderberichte

ZETA Holding GmbH, Biotech- und Pharma-Anlagenbau

ZETA setzt ADVISIM3D in der Designphase von CIP-Reinigungssystemen ein, bevorzugt bei Projekten mit besonders komplexen Anforderungen: anspruchsvolle Verschmutzungen, Behälter mit vielen Einbauten, Geometrien, bei denen die CAD-Ansicht allein keine verlässliche Aussage über Sprüschatten erlaubt.

Konkreter Anwendungsfall: die Reinigungsauslegung eines Fermenters. ADVISIM3D lieferte eine exakte Vorausplanung, und die Simulationsergebnisse wurden zur objektiven Grundlage für Diskussionen mit Behälterbauern und Auftraggebern. Ergebnis: weniger Interpretationskonflikte, mehr Planungssicherheit.

Fazit von ZETA: „Simulation ersetzt kein Ingenieurwissen, sie macht es produktiv.“

SIG, aseptische Abfülltechnologie für Lebensmittel und Getränke

SIG (rund 9.000 Beschäftigte, 3,2 Mrd. EUR Jahresumsatz) setzt ADVISIM3D seit 2021 als Standardsoftware in der Maschinenentwicklung ein. Ausgangspunkt war eine grundlegende Neuentwicklung einer aseptischen Abfüllmaschine mit hochkomplexer Sterilkammer, vielen Einbauten, Hinterschneidungen und Sprüschatten.

ADVISIM3D ermöglichte es den Ingenieuren, verschiedene Düsentypen und -anordnungen virtuell zu vergleichen und die optimale Konfiguration zu finden, bevor die Maschine physisch gebaut wurde. Ergebnis: weniger Umbauten an realen Anlagen, reduzierte Düsenanzahl bei gleicher Reinigungsleistung, kürzere Entwicklungszyklen.

Besonderer Kontext: SIG-Anlagen laufen weltweit, auch an Standorten, an denen Serviceeinsätze lange Reisen bedeuten. Ein Reinigungsproblem, das im Design hätte verhindert werden können, kostet dort ein Vielfaches.

Bausch + Ströbel, Pharmamaschinenbau im GMP-Umfeld

Bausch + Ströbel, führender Hersteller von Abfüll- und Verschleißanlagen für die Pharmaindustrie, nutzte ADVISIM3D zur Optimierung der Reinigung einer pharmazeutischen Flasche.

Statt mehr Düsen, mehr Druck oder größerer Dimensionierung luden die Ingenieure die Geometrie in ADVISIM3D, verschoben Klemmen virtuell und beobachteten, wie Sprüschatten verschwanden. Ergebnis: Validierungsläufe wurden halbiert, rund 250 Liter WFI pro Stunde eingespart.

Pharmatec GmbH (a Syntegon Company), pharmazeutische Prozesstechnik

Pharmatec mit Sitz in Dresden, Teil der Syntegon-Gruppe, entwickelt Komplettlösungen für die Herstellung, Verteilung und Lagerung von Reinstmedien sowie Formulierungssysteme für Parenteralia unter GMP-Bedingungen.

Die besondere Herausforderung: Behälter mit großem Volumen und komplizierten Einbauten, bei denen automatisierte CIP-Systeme Produktionsrückstände unter strengen pharmazeutischen Qualitätsanforderungen entfernen müssen. ADVISIM3D wurde eingesetzt, um die Reinigungsauslegung bereits in der Designphase zu validieren und kritische Sprüschatten frühzeitig zu identifizieren.

Alle Anwenderberichte auch ausführlich online: www.advisim3d.de/user-storys.html

B. Kosten im Detail: was nicht validiertes Design kostet

Änderungen im Designprozess kosten Stunden. Nach der Fertigung: Wochen. Nach der Installation: Monate und fünf- bis sechsstellige Beträge. Nach einem mikrobiologischen Befund: Vertrauen, das sich nicht zurückkaufen lässt.

TYPISCHE FOLGEKOSTEN EINES NICHT VALIDIERTEN DESIGNS

- Umbau oder Neupositionierung von Düsen an installierten Bauteilen (z. B. Neuverschweißung, Neumontage)
- Wiederholung der Abnahmetests, gegebenenfalls mehrfach
- Projektverzögerungen: typischerweise 2 bis 8 Wochen
- Direkte Mehrkosten: häufig 10.000 bis 100.000 EUR je Anlage
- Langfristig höherer Ressourcenverbrauch durch Überdimensionierung (mehr Chemie, mehr Wasser, längere Zyklen)
- Im schlimmsten Fall: mikrobiologische Befunde, Rückrufaktionen, Auditbefunde nach Monaten Produktion

Nachhaltigkeit

Überdimensionierte CIP-Prozesse verbrauchen Wasser, Energie und Reinigungsmittel, die bei korrekter Auslegung nicht nötig gewesen wären. Das SIMKOR-Forschungskonsortium beziffert das jährliche Einsparpotenzial allein für die deutsche Lebensmittelindustrie auf rund 10 Millionen Kubikmeter

Frisch- und Abwasser, zusätzlich zu Einsparungen bei Energie, Reinigungsmitteln, Zeit und Personal.

Was 10 Millionen Kubikmeter Wasser im Jahr bedeuten

Geschätztes jährliches Einsparpotenzial an Frisch- und Abwasser durch optimierte CIP-Auslegung, deutsche Lebensmittelindustrie (SIMKOR-Konsortium)



Vergleichswerte gerundet und illustrativ. Quelle Einsparpotenzial: SIMKOR-Forschungskonsortium; Umrechnung eigene Berechnung.

Abb. 6 Das geschätzte jährliche Einsparpotenzial der deutschen Lebensmittelindustrie im Größenvergleich.

C. Häufige Fragen und ehrliche Antworten

„Unser Erfahrungswissen hat bisher immer ausgereicht. Warum jetzt ändern?“

Erfahrungswissen ist das Rückgrat guter Auslegung, und das bleibt so. Simulation ersetzt es nicht, sondern ergänzt es um den virtuellen Blick in eine Geometrie, die noch niemand gereinigt hat. Das erste Mal, an dem ein Sprüschatten sichtbar wird, muss nicht beim Riboflavin-Test sein; es kann schon am CAD-Modell passieren.

„Wir haben bisher noch jeden Riboflavin-Test bestanden.“

Das spricht für Erfahrung. Der Riboflavin-Test findet aber unter Abnahmebedingungen mit minimaler Verschmutzung statt. Was er nicht abbildet, sind Monate realer Produktionsverschmutzung. Der Test bestätigt ein Design, er garantiert aber nicht, dass es unter Produktionsbedingungen dauerhaft ausreicht.

„CFD machen wir bereits. Brauchen wir noch etwas anderes?“

CFD ist exzellent für Forschungsfragen, für den täglichen Designprozess aber oft zu aufwendig: Die Studie der University of Limerick (2025) brauchte einen Monat auf einem Supercomputer für die Simulation von 1,25 Sekunden realer Prozesszeit. ADVISIM3D liefert konstruktiv relevante Aussagen in Sekunden, laut TU Dresden mit einer Abweichung von nur 0,6 Prozentpunkten. Für iteratives Arbeiten im Alltag ist das der Unterschied zwischen theoretisch möglich und praktisch machbar.

„Ist die Simulation genau genug für eine Zulassung?“

ADVISIM3D ist ein Designwerkzeug, kein Zulassungsdokument. Die formale Validierung erfolgt weiterhin über Riboflavin-Test, ATP-Abklatschprobe und UV-Inspektion. Der Unterschied: Das Design ist bereits vorvalidiert, der Test bestätigt dann, was die Simulation vorhergesagt hat.

„Unsere Geometrien sind sehr komplex. Funktioniert das wirklich?“

ADVISIM3D wurde für komplexe Geometrien entwickelt, nicht für Standardbehälter aus dem Katalog. Fermenter, aseptische Abfüllanlagen und Pharmamaschinen mit engen Anschlüssen und mehreren Einbauten sind über STEP-Dateien aus gängigen CAD-Systemen importierbar. Gerade dort, wo Erfahrungswissen an seine Grenzen stößt, entfaltet die Simulation ihren größten Nutzen.

„Was ist mit Düsen, die im laufenden Betrieb verschmutzen oder verschleißén?“

Das ist ein Wartungsthema, kein Designthema, und liegt damit außerhalb dessen, was eine Auslegungssoftware lösen kann oder soll. ADVISIM3D stellt sicher, dass eine Düsenkonfiguration bei ordnungsgemäßen Betrieb und turnusmäßiger Wartung die Anlage vollständig abdeckt. Setzt sich eine Bohrung durch Kalk, Produktreste oder Fremdkörper zu, hilft kein Auslegungswerkzeug der Welt. Das ist eine Frage der Instandhaltung, ggf. unterstützt durch Sensorik zur Zustandsüberwachung und/oder Sichtkontrollen. ADVISIM3D reduziert stattdessen ein anderes, unter Betreibern weit verbreitetes Risiko: dass ein Sprühschatten von Anfang an falsch ausgelegt war und jede noch so gute Wartung ihn nicht beheben kann.

„Was kostet das wirklich, und lohnt sich das?“

Angaben zur Lizenzierung finden Sie auf der letzten Seite dieses Whitepapers. In der Praxis deckt meist schon ein vermiedener Umbau oder ein halber Tag weniger Validierungsaufwand die Kosten.

„Wir haben intern keine Kapazitäten für ein neues Tool.“

ADVISIM3D ist in einer CAD-ähnlichen Umgebung bedienbar, ohne CFD-Expertise. Wer eine STEP-Datei exportieren und eine Düse aus einem Katalog auswählen kann, kann ADVISIM3D nutzen. Die Einarbeitung dauert in der Regel Stunden, keine Wochen; Schulung und Support sind in jeder Lizenz enthalten.



Eine Marke der ADVITEC Informatik GmbH

ADVISEM
Virtual Cleaning Simulation

Ihr Einstieg

Ihre Geometrie, Ihre Düse, Ihre Antwort in Sekunden

Laden Sie eine STEP-Datei Ihrer Konstruktion und sehen Sie, ob Ihr CIP-Konzept alle Flächen zuverlässig benetzt. Gern führen wir eine erste Auswertung an einer Ihrer Geometrien durch oder zeigen Ihnen die Software in einer Live-Demo.



IHRE ANSPRECHPARTNERIN

Susanne Kroh

Customer Success Manager

+49 351 65262-22

skroh@advitec.de

www.advisim3d.de



advisim3d.de

Lizenzierung

ADVISEM3D ist als Projektlizenz ab 1.500 EUR netto erhältlich, inklusive Updates, Schulung und Support. Ein- und Mehrjahreslizenzen sind ebenfalls möglich.

Systemvoraussetzungen

- 64-Bit-Windows ab Windows 10
- Grafikkarte und -treiber mit OpenGL 4.0 oder höher
- 32 GB Arbeitsspeicher, Internetverbindung
- CAD-Dateien im STEP-Format

ADVITEC Informatik GmbH

Schweizer Straße 3 a · 01069 Dresden

www.advitec.de · www.advisim3d.de