Dipl.-Ing. (FH) Markus Öhlenschläger

Lastmodelle für Flüssigkeiten und Erddrücke

Komfortable Ermittlung von Lastwerten über Lastmodelle in MicroFe und EuroSta

Eine zentrale Aufgabe in der Tragwerksplanung ist die Ermittlung und Festlegung der Belastungen. Je nach Belastungsart sind Lastordinaten zu bestimmen und die entsprechenden Bereiche im Tragwerk zu belasten. Für komplexe Belastungsaufgaben bieten MicroFe und EuroSta Lastmodelle an, die bei diesen Aufgaben unterstützen und eine komfortable Ermittlung von Lastordinaten ermöglichen. Besonders bei Ingenieurbauwerken sind Lastannahmen aufgrund von Flüssigkeiten oder Erdbelastungen erforderlich. Die folgenden Seiten zeigen, wie einfach Lastordinaten mithilfe von Lastmodellen bestimmt werden können.

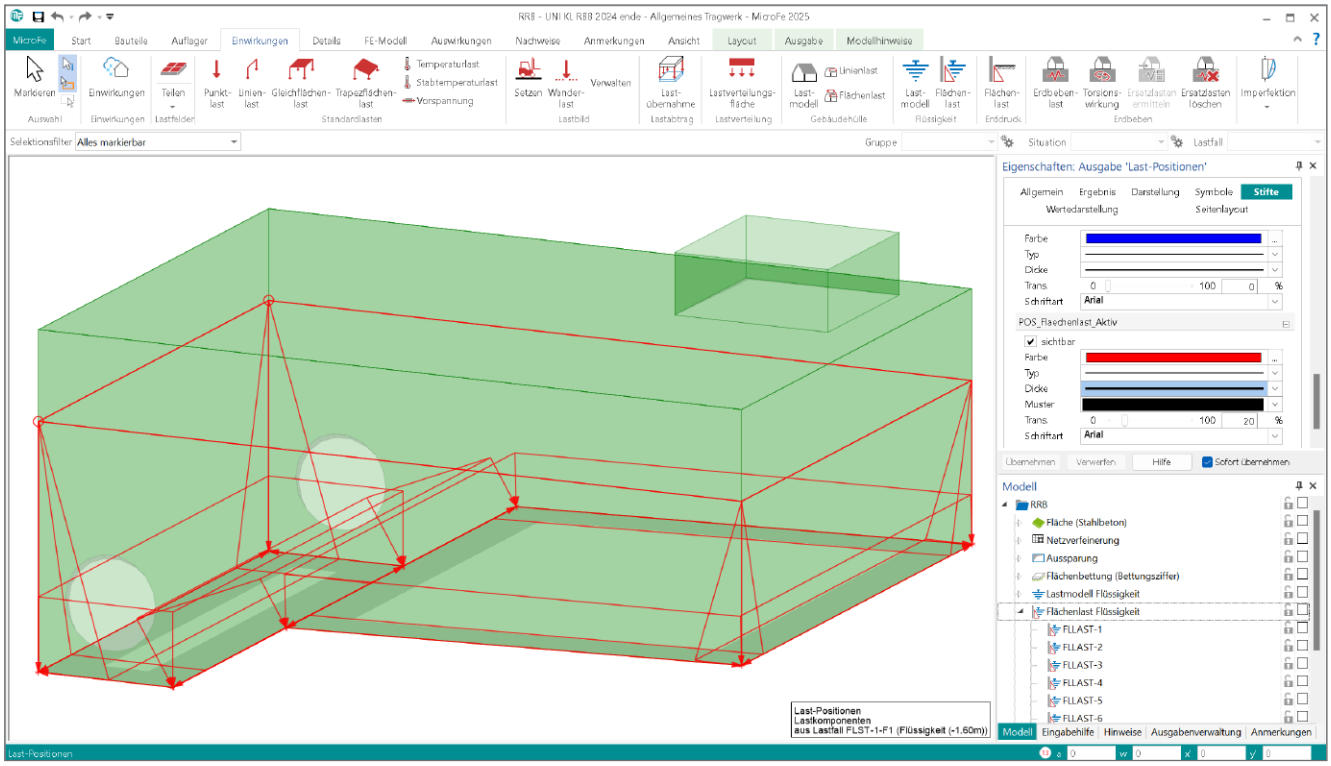


Bild 1. Hydrostatischer Wasserdruck im Inneren eines Regenrückhaltebeckens

Lastmodelle in MicroFe und EuroSta

In MicroFe steht der Begriff Lastmodell für eine sehr komfortable Berücksichtigung einer an sich komplexen Belastungssituation. Zu einem Lastmodell gehört zum einen die Definition der Grundlagen zur Ermittlung von Lastordinaten, zum anderen die Verwaltung aller signifikanten Lastordinaten, die Zuordnung zu Lastfällen, Lastgruppen und Einwirkungen und die vollständige Dokumentation in praxisgerechter und prüffähiger Form.

Durch die ganzheitliche Beschreibung in einem Lastmodell können alle Informationen sehr schnell kontrolliert und angepasst werden.

Über das Modul „M032 Lastmodell Flüssigkeit für MicroFe und EuroSta“ kann eine hydrostatische Lastermittlung genutzt werden. Zusätzlich ermöglicht das „Lastmodell Erddruck“ die Übernahme von in der BauStatik ermittelten Lastordinaten. Für das Lastmodell Erddruck wird das BauStatik-Modul „S034.de Erdruckermittlung“ benötigt.

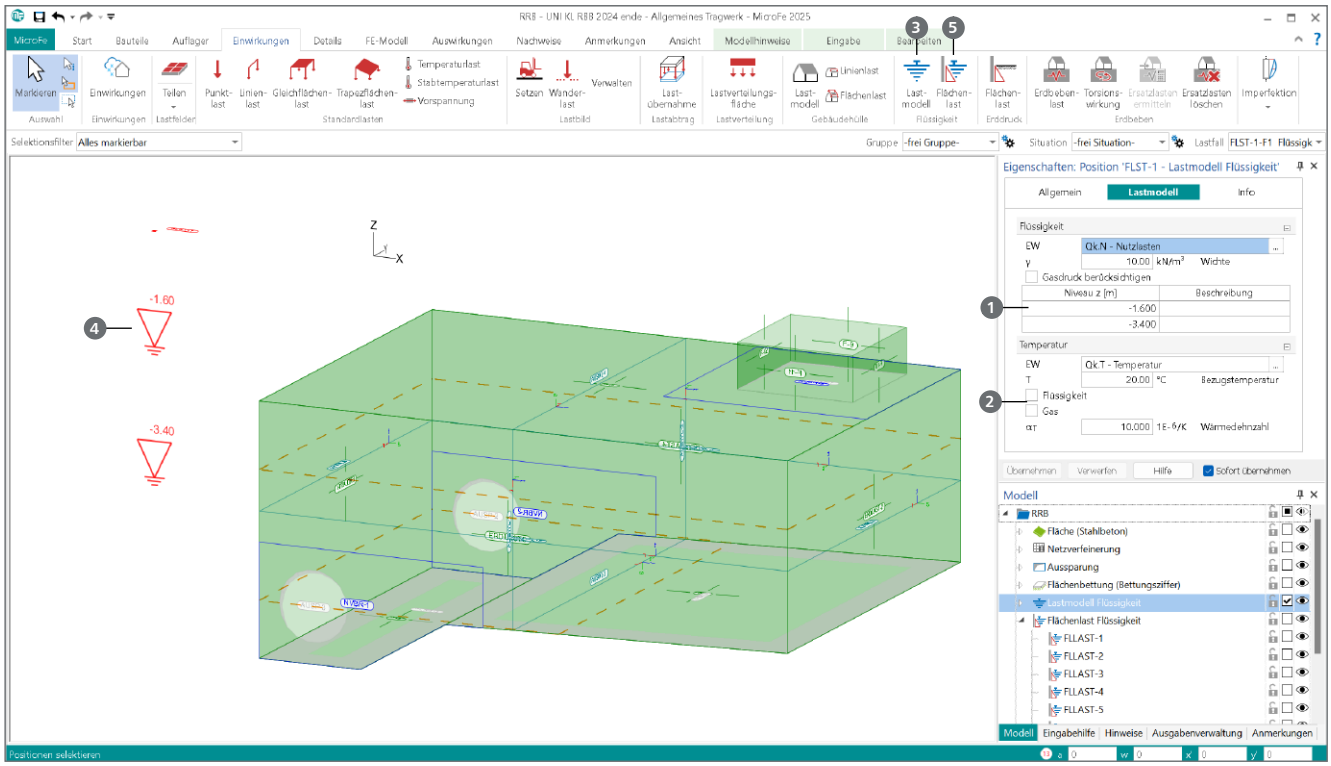


Bild 2. Beispielmodell mit Lastmodell Flüssigkeit und zwei Pegelständen

Lastmodell Flüssigkeit (M032)

Der hydrostatische Druck innerhalb einer Flüssigkeit führt zu einer Belastung auf das Tragwerk, welche von der Wichte der Flüssigkeit und ihrer Füllhöhe abhängt. Verschiedene Pegelstände Im Lastmodell Flüssigkeit können gleich mehrere Pegelstände verwaltet und berücksichtigt werden.

Zu jedem Pegelstand werden die entsprechenden Lasten generiert und verschiedenen Lastfällen zugeordnet. Dabei wird über eine Lastgruppendefinition sichergestellt, dass sich die Belastungen aus den verschiedenen Pegelständen gegenseitig ausschließen. Das Niveau eines Pegelstands wird in absoluter Höhe in der Tabelle eingetragen ❶.

Gasdruck und Temperatur

Liegt ein geschlossener Behälter vor, kann es je nach Nutzung und Medium im Behälter erforderlich sein, auch die Belastung durch einen Gasdruck auf das Tragwerk zu berücksichtigen. Dieser Gasdruck wirkt auf alle unbenetzten Flächen und indirekt über die Flüssigkeit auch auf die benetzten Flächen.

Sobald die Flüssigkeit oder das Gas oberhalb des Mediums eine andere Temperatur hat als das Tragwerk, muss der Temperaturunterschied als weitere Belastung berücksichtigt werden. Temperaturlasten führen zu Zwängungen und erhöhen die Beanspruchung von Tragwerken oft maßgebend. Die Bezugstemperatur des Tragwerks, die Flüssigkeitstemperatur und die Gastemperatur können direkt eingetragen werden ❷.

Flächenlasten aus Flüssigkeit

Das Grundprinzip des Lastmodells für Flüssigkeiten besteht in der Aufteilung der Lastermittlung in Pegelstände, Wichten und Drücke sowie in der Definition der belasteten bzw. benetzten Flächen im Tragwerk. Dadurch entfällt die manuelle Ermittlung und Eingabe von Lastkoordinaten für die einzelnen Stellen im Modell.

Die Modellierung von Lasten aus Flüssigkeiten erfolgt somit in zwei Schritten. Das Lastmodell Flüssigkeit ❸ stellt als eigenständiger Positionstyp alle Grundlagen zur Verfügung. Das Lastmodell wird an einer geeigneten Stelle im Modell platziert und zeigt die definierten Pegel ❹ im globalen Modellkoordinatensystem an.

Anschließend erfolgt die Definition der benetzten bzw. belasteten Flächen. Dazu werden Flächenlasten für Flüssigkeiten ❺ in das Modell eingefügt. Damit ist die Lastdefinition vollständig und das Modell kann an jedem Punkt der Flächenlast, relativ zu den definierten Pegelständen, die jeweils korrekte Lastkoordinate bestimmen.

Verteilung der Belastungen

Alle Belastungen aus Flüssigkeitsdruck oder Gasdruck werden auf flächige Positionen aus MicroFe-Modellen erzeugt. Darüber hinaus ermöglicht eine in das Modul M032 integrierte Lastverteilung die Belastungen auch auf Stabwerke in EuroSta.stahl- oder EuroSta.holz-Modellen zu erzeugen. Gesteuert wird die Lastverteilung über das Kapitel „Lastverteilung“ aus den Eigenschaften der Flächenlasten Flüssigkeit.

Dieser Inhalt ist online nicht verfügbar.

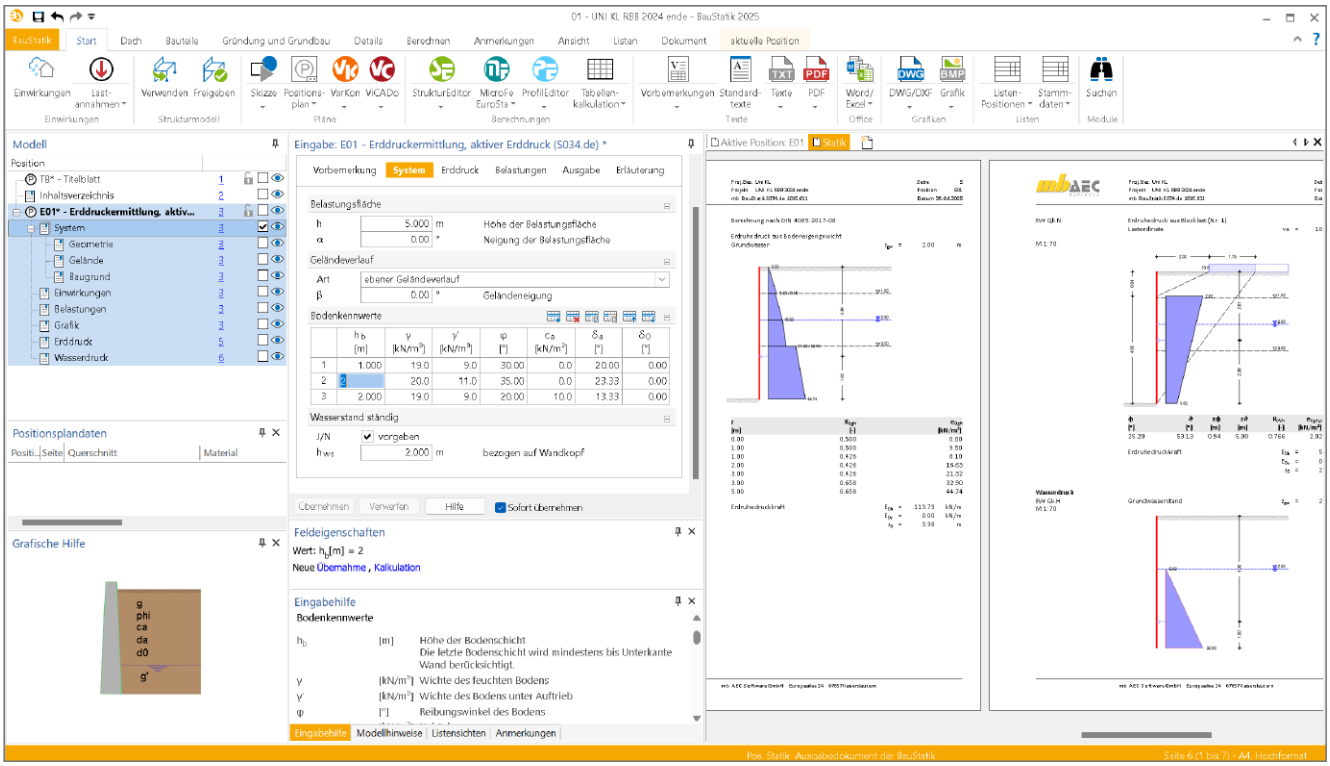


Bild 3. Erddruckermittlung in der BauStatik mit Modul S034.de Erddruckermittlung

Lastmodell Erddruck

Mit dem Lastmodell Erddruck wird zur Übernahme von Lastordinaten eine Verbindung zu einer BauStatik-Position mit dem Modul „S034.de Erddruckermittlung" hergestellt. Die Position, die den gewünschten Erddruck ermittelt, ist im selben Projekt in einem BauStatik-Modell anzulegen und vorzubereiten.

Das Modul S034.de ermittelt für beliebig geschichteten Baugrund, wahlweise mit Grundwasser, die resultierenden Lastordinaten für aktiven, erhöht aktivem Erddruck sowie für Erdruhedruck oder passivem Erddruck. Wurden Lasten auf der Geländeoberkante oder innerhalb des Geländes definiert, werden auch die Lastordinaten aus diesen Geländelasten an MicroFe übergeben.

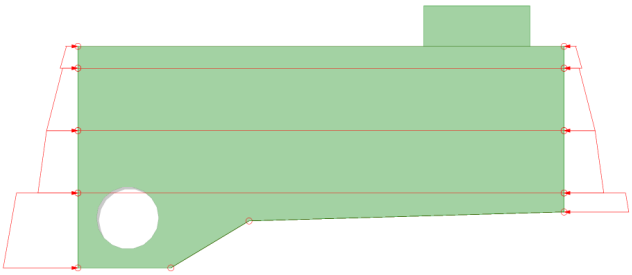


Bild 4. Übernommene Lastordinaten im MicroFe-Modell

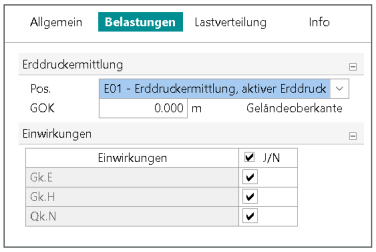


Bild 5. Eigenschaften der Flächenlasten für Erddruck

Das Bild 4 zeigt die Lastordinaten infolge Erddruck, die in der BauStatik-Berechnung aus Bild 3 ermittelt wurden. Auf die Darstellung es ermittelten Wasserdruckes, wie er in Bild 3 gezeigt wird, wurde in Bild 4 verzichtet. Das Bild zeigt deutlich die Leistungsfähigkeit der Übernahme. An der Erddruckfigur sind sowohl die Schichtgrenzen als auch die Grundwasserlinie erkennbar. Durch den Auftrieb des Bodens nimmt die Belastung ab.

Flächenlasten aus Erddruck

Vergleichbar zu den Flächenlasten aus Flüssigkeit werden für die Definition von Erddruckbelastungen spezielle Flächenlasten genutzt, um die belasteten Flächen oder Teilflächen zu kennzeichnen. Nach der Auswahl der S034.de-Position als Lastquelle, werden die Einwirkungen mit Lastordinaten erkannt und können gezielt ausgewählt werden.

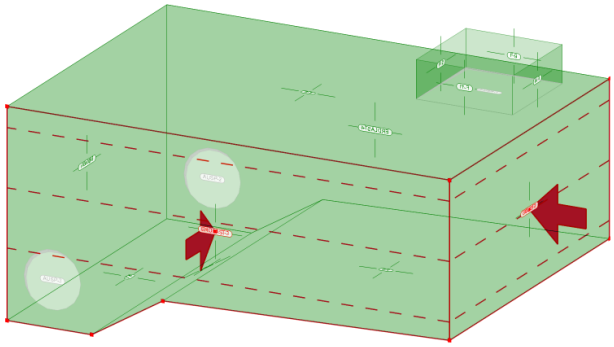


Bild 6. Flächenlasten für Erddruck mit Vorschau auf Schichtgrenzen

Automatische Kombinationsbildung für Bemessung

Alle Belastungen werden einwirkungstreu aus der BauStatik in das MicroFe-Modell übernommen. Somit können diese Belastungen im Rahmen der Kombinationsbildung automatisiert erfasst werden.

Anwendungsbeispiel Flüssigkeit

Für die Belastungen infolge Flüssigkeit in einem Stahlbetonbehälter werden die folgenden Arbeitsschritte erforderlich.

Schritt 1: Lastmodell definieren

Das Lastmodell Flüssigkeit wird geometrisch an einer geeigneten Stelle in das Modell eingebracht. Die Lage ist für die Ermittlung der Lastordinaten unerheblich. Entscheidend sind die relativen vertikalen Abstände zwischen dem jeweiligen Lastangriff und den Pegelständen. Diese Abstände sind die Grundlage für die Ermittlung des hydrostatischen Druckes.

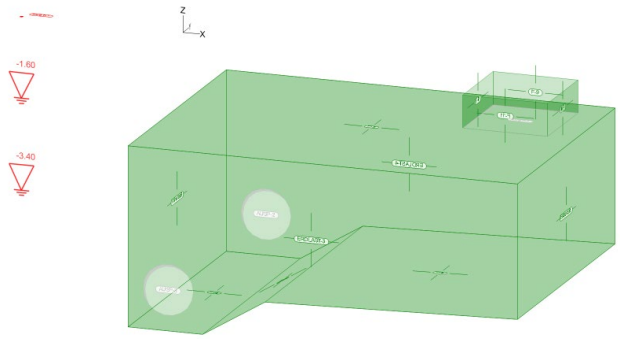
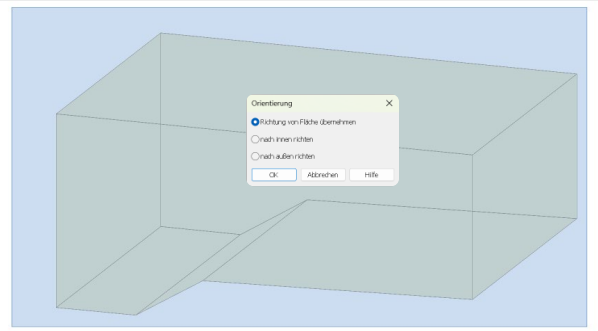


Bild 7. Platziertes Lastmodell Flüssigkeit

In den Eigenschaften sind alle Grundlagen zur Ermittlung der Belastungen einzutragen. Die wichtigste Eigenschaft stellt der oder die Pegelhöhen dar.

Tipp

Mit der Eingabeoption „Fläche übernehmen" kann eine sehr performante Variante verwendet werden. Wird die Darstellung des Modells auf den Umfang der zu benetzenden Flächen reduziert und anschließend die grafische Auswahl über ein Rechteck mit der Option „Fläche übernehmen" durchgeführt, kann die Orientierung für alle Flächen automatisch festgelegt werden. Im nachfolgenden Bild ist die Wirkung „nach außen gerichtet" gewählt.



Der Dialog zur Auswahl der Orientierung erscheint, wenn mehr als eine Position über eine grafische Selektion markiert wurde. In diesen Fällen bestimmt MicroFe den räumlichen Mittelpunkt und bezieht diese Frage auf „innen" und „außen".

Schritt 2: Benetzte Flächen definieren

Alle Flächen, die mit dem Medium, bzw. der Flüssigkeit in Kontakt stehen, sind mit einer Flächenlast Flüssigkeit Position auszustatten. Bei geschlossenen Behältern mit Gasdruck sind auch flächige Bauteile ohne direkten Kontakt mit einer Lastposition zu berücksichtigen.

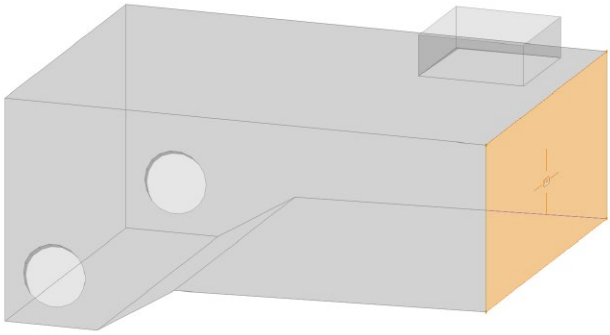


Bild 8. Übernahme einer Fläche für Flüssigkeitsdruck

Wird die Eingabe einer Flächenlast für Flüssigkeit gestartet, kann in der Optionenleiste die passende Eingabeoption gewählt werden. In Bild 8 wird die Eingabeoption „Fläche übernehmen" verwendet. Wahlweise stehen die typischen Eingabeoptionen für flächige Positionen bereit, wie z.B. die rechteckige Eingabe. Besonders ist für die Flächenlast Flüssigkeit die Eingabeoption „Fläche übernehmen" geeignet.

Schritt 3: Kontrolle der Belastung

Nach der Festlegung der benetzen und belasteten Flächen sollten diese Flächenlasten kontrolliert werden. Sobald eine Flächenlast Flüssigkeit markiert wurde, erscheint die aktuelle Wirkungsrichtung als rote Pfeilmarkierung (Bild 9).

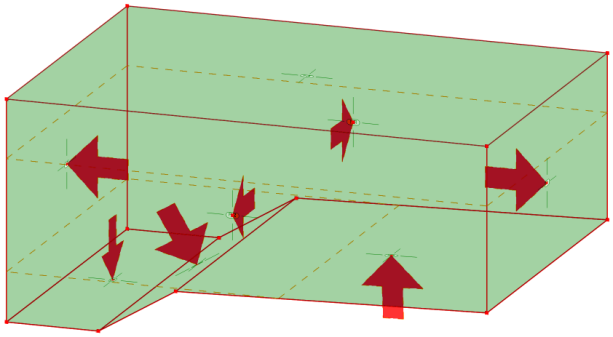


Bild 9. Kontrolle der Wirkungsrichtung der Belastungen

Die in Bild 9 gezeigt Kontrolle ergibt, dass im rechten Bereich der Sohle die Flächenlast Flüssigkeit mit einer falschen Orientierung erzeugt wurde. Wird die Flächenlast selektiert, ermöglicht das Kontextregister im Menüband die Option „Richtung" zu starten, um mit jeweils einem Klick die Orientierung zu wechseln.

Schritt 4: Kombinationsbildung und Nachweisführung

Durch die lastfallbezogene Verwaltung der Einwirkungen infolge Flüssigkeit ist MicroFe in der Lage, die für die Bemessung relevanten Kombinationen automatisiert zu bilden. Bei der Kombinationsbildung wird z.B. darauf geachtet, dass Belastungen aus unterschiedlichen Pegeln nicht gleichzeitig berücksichtigt werden, sondern sich gegenseitig ausschließen.

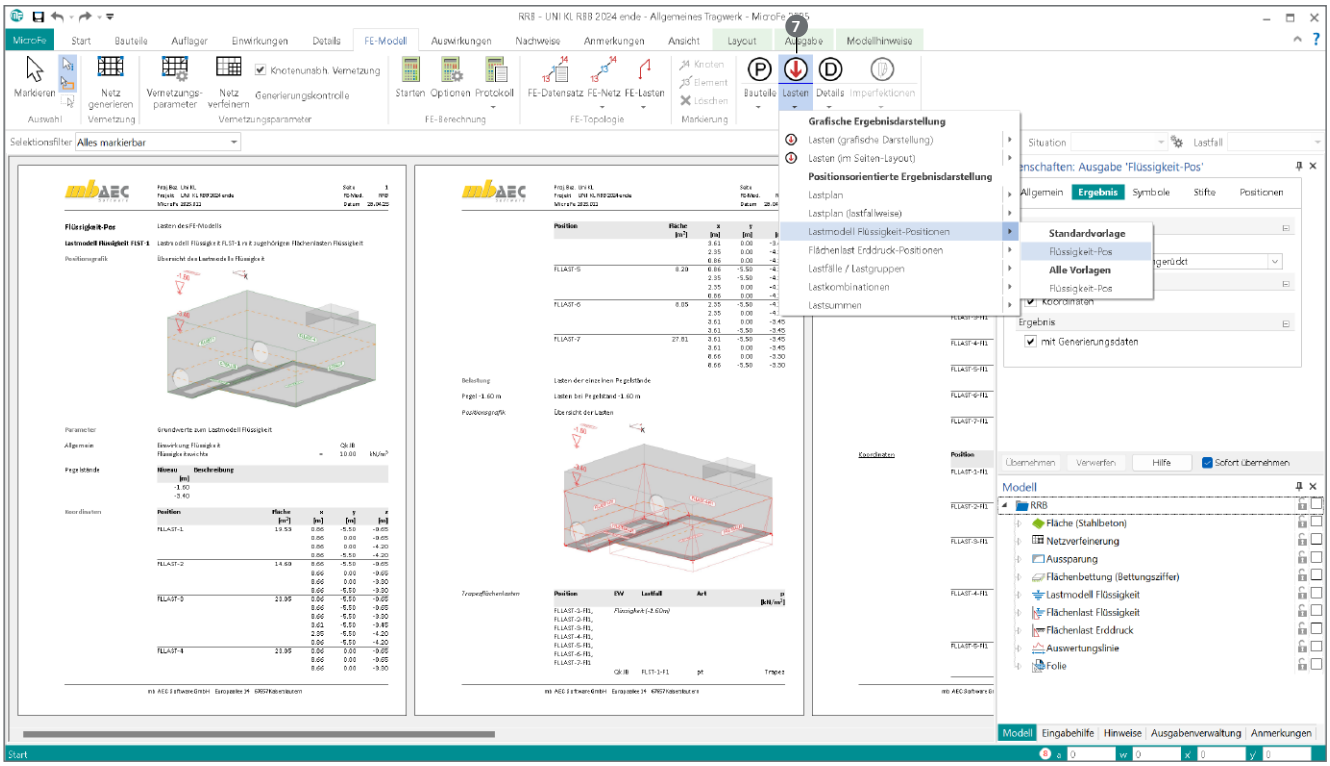


Bild 10. Dokumentation der Belastungen aus Flüssigkeit

In Bild 11 wird die automatische Kombinationsbildung für zwei unterschiedliche Pegelstände gezeigt. Für die Flüssigkeit im Behälter wurden für die Einwirkung „Qk.IB" zwei Pegelstände definiert. Diese werden in keiner Kombination zeitgleich berücksichtigt ❻.

Kombinationen — Maßgebende Kombinationen nach DIN EN 1990

Ew	Einwirkungsname
Lg	Lastgruppenname
Lf	Lastfallname
Lkn	Lastkombinationsnummer

ständig/vorüberg. Grundkombinationen

Lkn	Ew / Lg / Lf	Gk / . / LF-1	Gk.E / LG-(Gk.E) / BS-Gk.E	Qk.IB / LG-(FLST-1) / FLST-1-F1	Qk.IB / LG-(FLST-1) / FLST-1-F2
1		1.00	1.35	.	.
2		1.35	1.00	.	.
3		1.35	1.35	.	.
4		1.00	1.00	.	.
5		1.35	1.00	**1.50**	.
6		1.35	1.00	.	**1.50**
7		1.00	1.35	**1.50**	.
8		1.00	1.35	.	**1.50**
9		1.00	1.00	**1.50**	.
10		1.35	1.35	**1.50**	.
11		1.35	1.35	.	**1.50**

❻

Bild 11. Automatische Kombinationsbildung für zwei Pegel

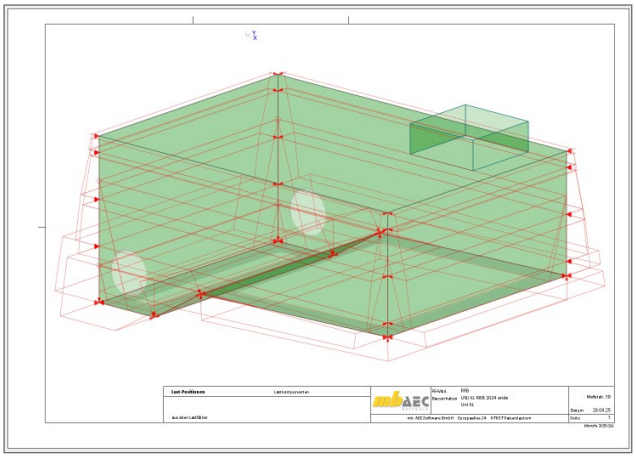


Bild 12. Dokumentation der Druckverteilungen eines Pegels

Schritt 5: Dokumentation

Über das Menüband-Register „FE-Modell" stehen umfangreiche und prüffähige Ausgaben zur Dokumentation der Lastermittlung bereit. In Bild 10 wird über den Schalter „Lasten" ❼ eine umfangreiche tabellarische Dokumentation für das Statik-Dokument erreicht. Zusätzlich können Belastungen auch grafisch, in wählbaren Blattgrößen, zur Dokumentation erzeugt und genutzt werden (Bild 12).

Fazit

Mit dem Modul M032 wird auf eine einzigartige und schnelle Art und Weise die Ermittlung von hydrostatischen Druckverteilungen in einem FE-Modell erstellt, bei der Bemessung berücksichtigt und prüffähig dokumentiert. Besonders hilfreich bei Ingenieurbauwerken ist zusätzlich die Möglichkeit, Erddruckverteilungen aus der BauStatik verwenden zu können.

Dipl.-Ing. (FH) Markus Öhlenschläger
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Preise und Angebote

M032 Lastmodell Flüssigkeit für MicroFe und EuroSta
Weitere Informationen unter
https://www.mbaec.de/modul/M032

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Mai 2025

Betriebssysteme: Windows 10 (22H2, 64-Bit), Windows 11 (23H2, 64-Bit), Windows Server 2022 (21H2) mit Windows Terminalserver.
Ausführliche Informationen auf www.mbaec.de/service/systemvoraussetzungen

Preisliste: www.mbaec.de