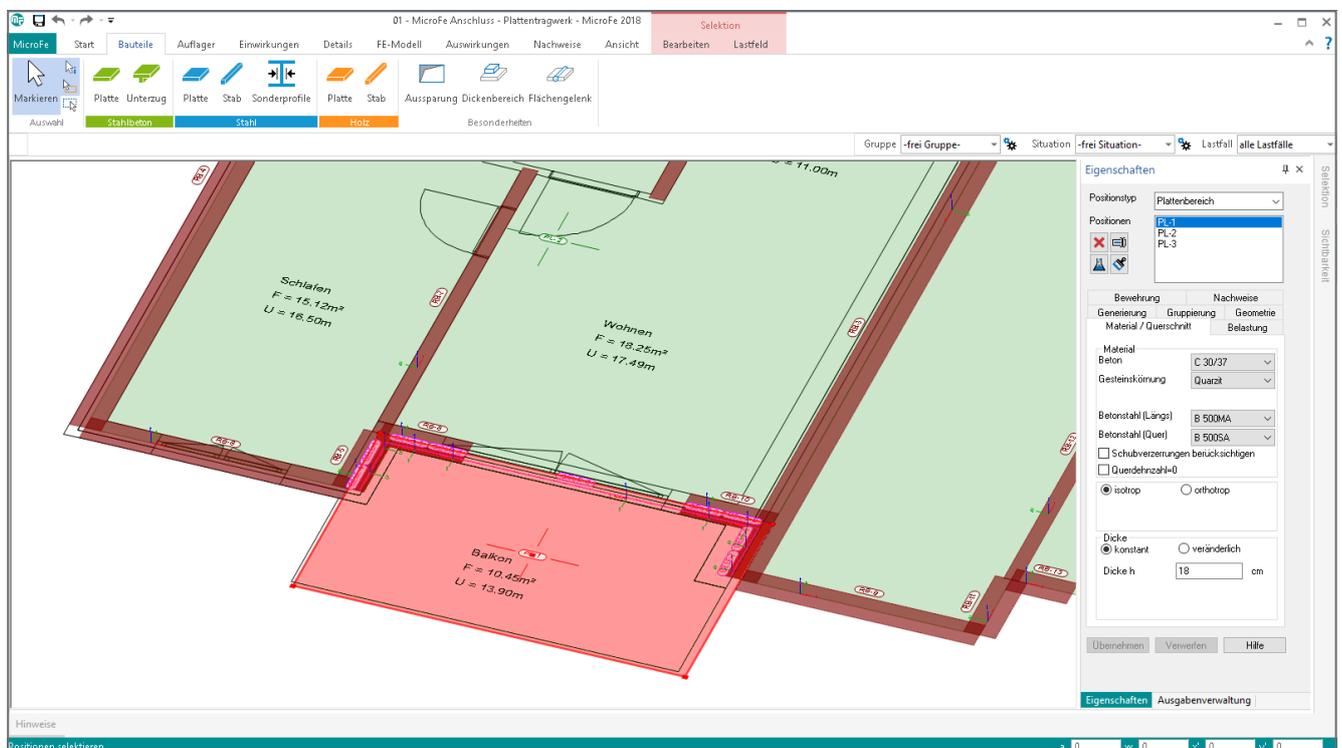


Dipl.-Ing. (FH) Markus Öhlenschläger

# Flächengelenke in MicroFe modellieren und auswerten

## Abbildung von Gelenken im Rahmen der FE-Berechnung

Nicht alle Decken unserer Bauwerke werden in einem nahtlosen Guss erstellt. Je nach Art der Konstruktion werden z.B. Arbeits- oder Scheinfugen in den Bauteilen angeordnet. Zusätzlich kommen spezielle Einbauteile zum Einsatz um z.B. thermische Trennungen zu realisieren. MicroFe bietet für all diese Aufgaben Lösungen über den Positionstyp „Flächengelenk“ an.



### Modellierung in MicroFe

Grundsätzlich erfolgt die Modellierung in MicroFe positionsorientiert. Mit dieser Art der Modellierung wird ein besonders hohes Maß an Praxisbezug hergestellt, denn alle Bauteile wie Platten oder Unterzüge des zu untersuchenden Tragwerks werden mit ihren aus der Planung vorliegenden ingenieurmäßigen Angaben modelliert. MicroFe überführt diese in ein abstraktes mechanisches FE-Netz zur Lösung der mathematischen Aufgabe.

Eine Geschossdecke oder Bodenplatte kann in MicroFe PlaTa aus mehreren Plattenpositionen bestehen. Jede Plattenposition erhält eigene Angaben in Bezug zu Material, Plattendicke, Belastungen sowie Bemessungsoptionen und Nachweisumfang. Natürlich können auch Optionen, die das mechanische Verhalten beeinflussen, positionsorientiert unabhängig gesteuert werden.

Besteht ein Plattensystem aus mehreren Plattenpositionen, die sich geometrisch berühren, so sind diese an den Kontaktstellen biege- und schubsteif miteinander verbunden.

Entspricht dies nicht dem gewünschten oder realistischen Verhalten, kann die Verbindung über Flächengelenke, getrennt für Schub- und Biegetragfähigkeit, beeinflusst werden. Die Verwendung von Flächengelenken ist auch innerhalb einer Plattenposition möglich.

### Flächengelenke im Modell platzieren

Über das Register „Bauteile“ im Menüband wird das Platzieren von Flächengelenken mit der Schaltfläche „Flächengelenk“ gestartet. Die Optionenleiste direkt unterhalb des Menübandes ermöglicht die Auswahl der geeigneten Vorlage sowie der Eingabeoption. Wahlweise werden Flächengelenke als „Strecke“, als „Polygon“ oder entlang einer „Flächenbereichskante“ angegeben. Bei der Option „Flächenbereichskante“ wird ein Gelenkversatz abgefragt.

### Lokale Koordinatensysteme

Bei der Modellierung der Flächengelenke sind die lokalen Koordinatensysteme **1** zu beachten. Die lokale r-Achse zeigt in Konstruktionsrichtung, die s-Achse orthogonal nach links. Für die Abbildung von z.B. Balkonanschlusssituationen sollte die lokale s-Achse in Richtung der angeschlossenen Platte ausgerichtet werden.

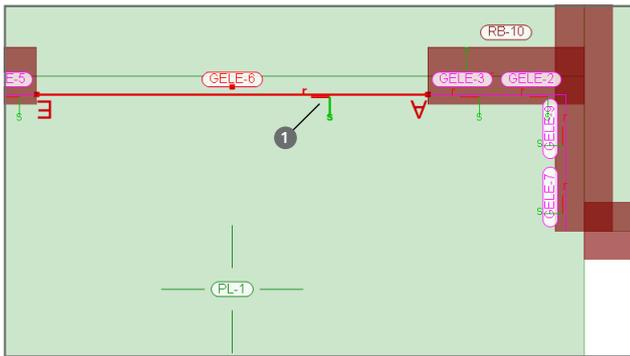


Bild 1. Lokale Koordinatensysteme der Flächengelenke

Natürlich kann die Ausrichtung auch im Nachgang variiert werden. Ermöglicht wird dies über das Kontextregister „Bearbeiten“ (Bild 2), welches für Flächengelenke die Option „Richtung“ **2** beinhaltet.

Die Eingabeoption „Setzen an Flächenbereichskante“ erleichtert die exakte Platzierung. Sie übernimmt die Geometrie einer Plattenkante und erzeugt im gewählten Abstand (Gelenkversatz) ein Flächengelenk mit der notwendigen Ausrichtung.

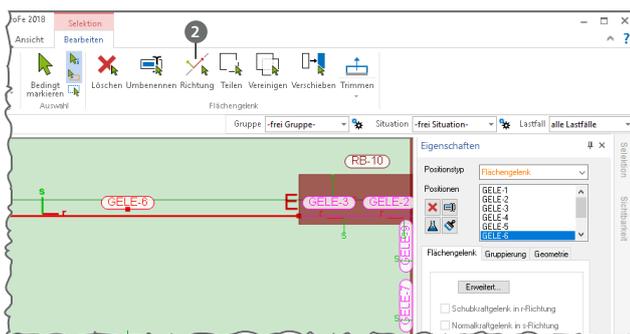


Bild 2. Richtung von Flächengelenken bearbeiten

### Gelenke und Anschlüsse

Für die Modellierung in MicroFe wird zwischen Gelenken und Anschlüssen unterschieden. Gelenke geben Schnittgrößen komplett frei. Es erfolgt somit für die gewählten Freiheitsgrade keine Schnittkraftübertragung. Wahlweise können unabhängig die Querkraftanteile „vt“ oder die Momentanteile der beiden Achsen „mr“ oder „ms“ freigegeben werden.

In Bild 3 ist in den Eigenschaften der markierten Gelenke erkennbar, dass alle drei Freiheitsgrade für die Gelenke „GELE-4“ und „GELE-6“ gewählt wurden. Es findet somit keine Schnittgrößenübertragung statt.

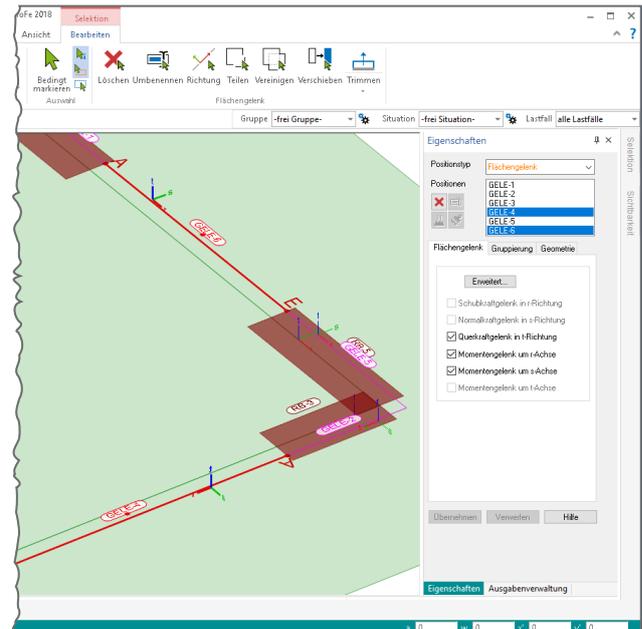


Bild 3. Auswahl der Gelenkwirkung

Im Zusammenspiel mit den Zusatzmodulen „M522 Einseitige Flächengelenke (Zug- und Druckausschaltung)“ und „M524 Definition von Arbeitslinien für nicht-lineare Verbindungen (Flächengelenke)“ kann der Anwendungsbereich der Flächengelenke vielfältig erweitert werden.

### Modellieren von Anschlüssen

Besonders für Anschlüsse von Balkonplatten, die nicht statisch bestimmt sind, d.h. Kragplatten mit zusätzlichen Punktlagern oder Balkone, die um die Ecke geführt werden, ist die Bearbeitung und Ermittlung der Schnittgrößen mit Hilfe eines FE-Systems vorteilhaft.

### Elastische und einseitige Anschlüsse

Die Modellierung von Anschlüssen, das heißt von veränderten Eigenschaften in den FE-Knoten zur Kopplung von Flächen, ermöglicht das Zusatzmodul „M522 Einseitige Flächengelenke (Zug- und Druckausschaltung)“. Dieses erweitert die vollkommenen Gelenke um die Möglichkeit, Weg- und Drehfederwerte einzutragen. Sobald das Modul „M522“ auf dem Arbeitsplatz verfügbar ist, können zur schnellen Modellierung von Anschlusspositionen auf zwei neue Vorlagen (Bild 4) zugegriffen werden.

Für den typischen Anwendungsfall „Balkonanschluss“ bieten die Vorlagen „Std\_Anschluss\_M-V“ und „Std\_Anschluss\_V“ direkt die Federwerte der Bauteilhersteller für Balkon-Anschlusselemente an.

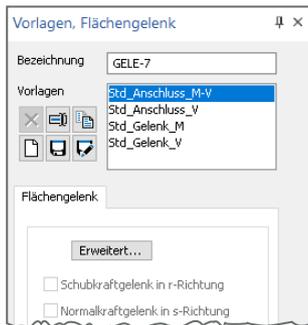


Bild 4. Vorlagen für Anschlusspositionen

Über den Schalter „Erweitert“, der über die Positions- oder Vorlageneigenschaften erreichbar ist, stehen neben den drei Eingabefeldern für die Weg- und Drehfedern auch jeweils zwei Checkboxes zur Eingabe bereit. Somit kann die Wirkung der elastischen Federwerte getrennt für positive und negative Schnittgrößen aktiviert oder deaktiviert werden.

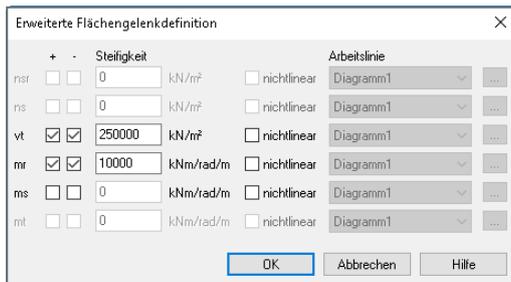


Bild 5. Weg- und Drehfederwerte für Balkonanschlüsse

### Anschlüsse mit Arbeitslinien

In manchen Tragwerken werden weitere Möglichkeiten erforderlich, die die Leistungsfähigkeit des Moduls M522 übersteigen. Bei diesen Aufgaben hilft das Modul „M524 Definition von Arbeitslinien für nichtlineare Verbindungen (Flächengelenke)“, welches aufbauend auf M522 die Beschreibung der mechanischen Verbindung auf Grundlage von Arbeitslinien bietet.

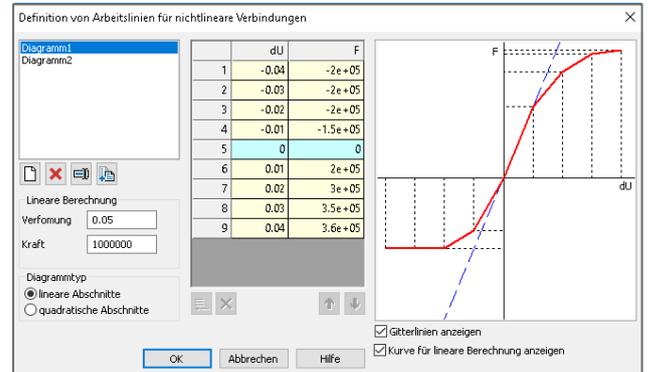


Bild 6. Arbeitslinie zur Beschreibung der mechanischen Verbindung

Die Arbeitslinien werden über die Weg-Kraft-Beziehung tabellarisch erfasst und zur Kontrolle grafisch dargestellt. Sie gestatten eine physikalisch nichtlineare Berücksichtigung von gelenkspezifischen Effekten.

Durch diese exakte Nachbildung der Weg-Kraft-Beziehung im positiven wie auch im negativen Verformungsbereich sind vielfältige Effekte abbildbar, z.B. Fließen, Reißen, Schlupf, Anschluss-Spiel und einseitiges Gelenk.

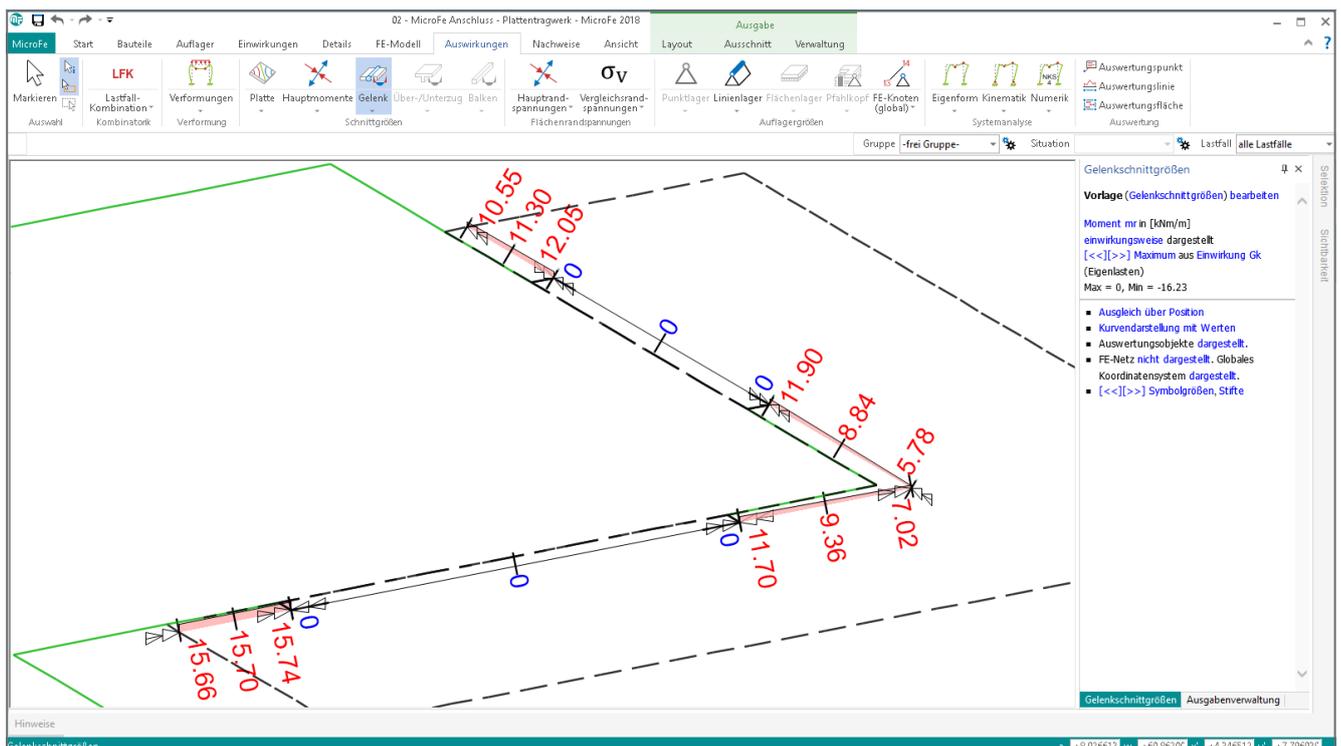


Bild 7. Grafische Darstellung der Anschluss-Schnittgrößen in den Flächengelenken

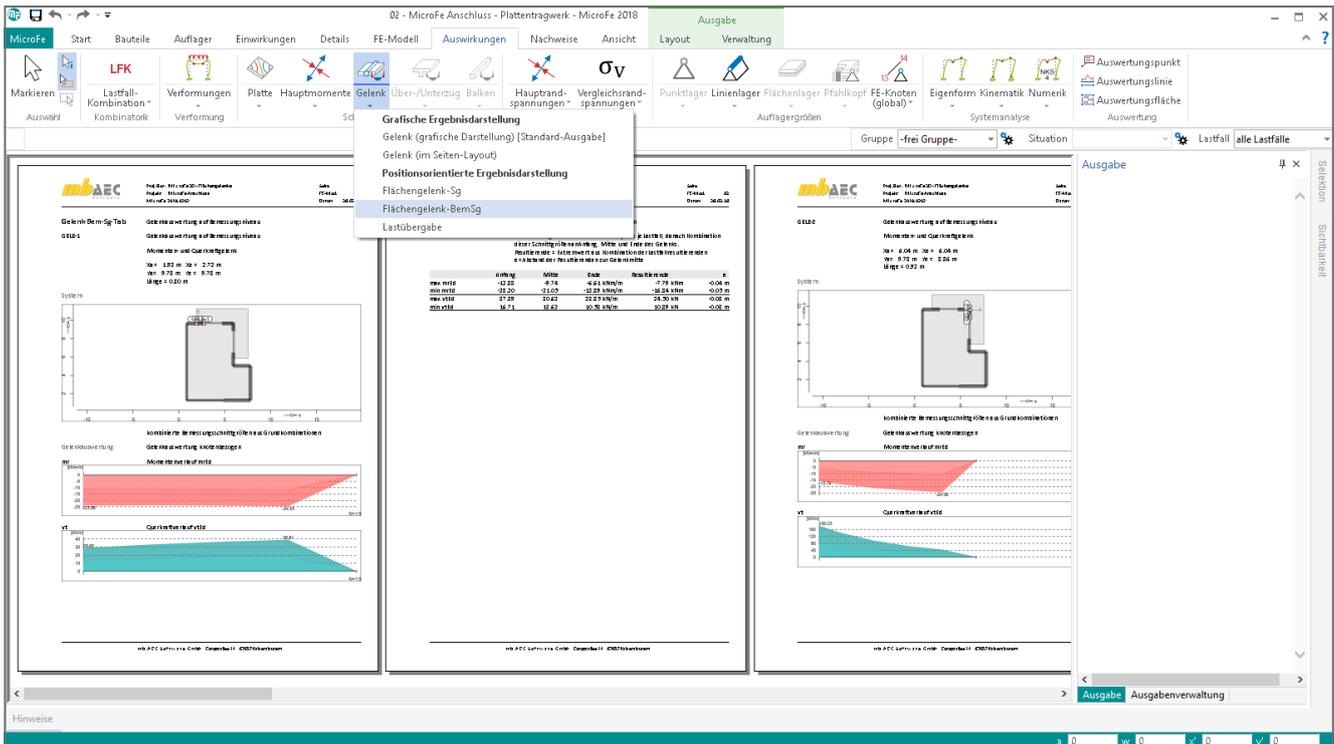


Bild 8. Positionsorientierte Ergebnisdarstellung für Bemessungswerte der Flächengelenke

### Auswertung der Flächengelenke

Sobald Flächengelenke in einem Plattensystem modelliert wurden, stehen alle Schnittgrößen in den Flächengelenken zur Auswertung und Dokumentation bereit. Natürlich sind bei Vollgelenken die entsprechenden Schnittgrößen von ihrem Betrag Null, die weiteren Schnittgrößen werden zusätzlich dokumentiert.

#### Ergebnisse anzeigen

Alle Ergebnisse aus der FE-Berechnung sind in MicroFe über das Register „Auswirkungen“ im Menüband erreichbar. Die Schnittgrößen in den Flächengelenken werden über die Schaltfläche „Gelenk“ in der Gruppe „Schnittgrößen“ erreicht. Wie für alle Ergebnisse stehen positionsorientierte und grafische Ergebnisdarstellungen über den unteren Teil der Schaltfläche zur Verfügung.

Bild 7 zeigt die grafische Ergebnisdarstellung des Momentenverlaufs infolge der Belastungen der Einwirkung „Gk“. Aktuell wird der Schnittgrößenverlauf über die Länge der Position trapezförmig verteilt. Wahlweise können über die Auswahl „Resultierende“ auch die jeweiligen Summen ermittelt und angezeigt werden.

Im Vergleich zur grafischen Ergebnisdarstellung zeigt Bild 8 die positionorientierte Ergebnisdarstellung. Sie erfolgt immer im DIN A4 Blattformat, getrennt nach Positionen in tabellarischer Form.

### Bemessungsschnittgrößen

Das Register „Auswirkungen“ zeigt im Regelfall charakteristische Ergebnisse. Eine Ausnahme zur besonders effizienten Auswahl der passenden Balkonanschlusselemente bietet für Flächengelenke die Ergebnisausgabe „Flächengelenk-BemSg“ an. In Bild 9 ist die Ausgabe erkennbar. MicroFe bildet auf Grundlage der einwirkungsbezogenen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte alle erforderlichen Bemessungsschnittgrößen und präsentiert diese übersichtlich in tabellarischer und grafischer Form.

Gelenkauswertung		Gelenkauswertung aus Lastfallresultierenden				
Zuerst Bildung eines resultierenden Trapezes je Lastfall, danach Kombination dieser Schnittgrößen an Anfang, Mitte und Ende des Gelenks. Resultierende = Extremwert aus Kombination der Lastfallresultierenden e = Abstand der Resultierenden zur Gelenkmittle						
	Anfang	Mitte	Ende	Resultierende	e	
max mrEd	-12.88	-9.74	-6.61 kNm/m	-7.79 kNm	-0.04 m	
min mrEd	-28.20	-21.05	-13.89 kNm/m	-16.84 kNm	-0.05 m	
max vtEd	37.39	30.62	23.85 kN/m	24.50 kN	-0.03 m	
min vtEd	16.71	13.62	10.53 kN/m	10.89 kN	-0.03 m	

Bild 9. Tabelle der Bemessungswerte

### Übernahme in die BauStatik

Wichtiges Merkmal und Vorteil der Arbeit mit der mb WorkSuite ist die Möglichkeit, schnell und direkt einzelne Werte und Ergebnisse zwischen den Anwendungen auszutauschen. Somit stehen alle Ergebnisse, auch aus den Flächengelenken zur Übernahme in die BauStatik oder in andere MicroFe-Modelle bereit. Ermöglicht wird dies durch die Einzelwertübernahme, die direkt oder im Rahmen einer Zusammenstellung ausgeführt werden kann.

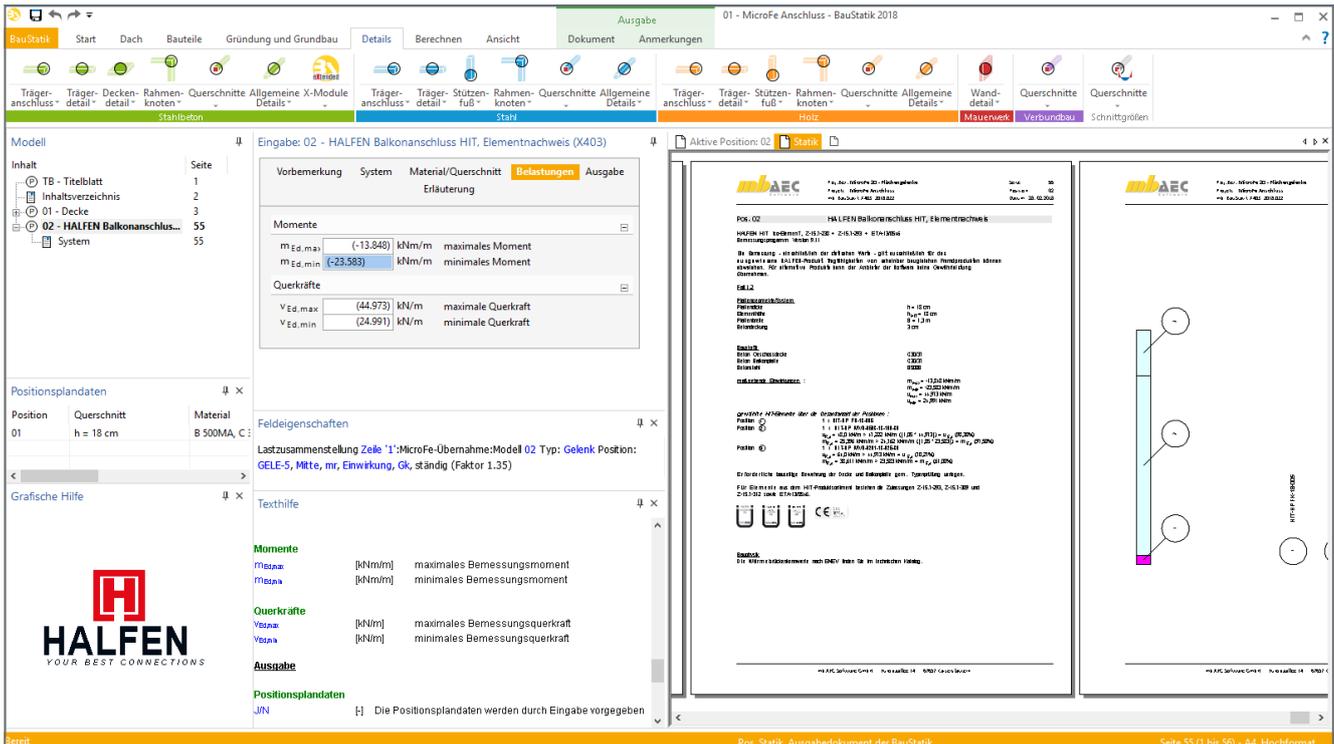


Bild 10. Dokumentation der Übergabewerte für Anschlusspositionen in der Ausgabenverwaltung

**BauStatik.eXtended-Module**

Mit den BauStatik-Modulen aus der Reihe der extended-Module (X-Module) bieten Bauteilhersteller ihre spezifischen Bemessungswerkzeuge direkt in der BauStatik an. Für die Bearbeitung von Balkon-Anschlusselementen ergänzt das Modul X403 der Firma Halfen den Arbeitsablauf ideal. Nach der Übernahme und Überlagerung der charakteristischen Schnittgrößen wird direkt ein mögliches Anschlusselement präsentiert (Bild 10).

**S018 Tabellenkalkulation**

Mit dem BauStatik-Modul „S018 Tabellenkalkulation“ bietet die BauStatik eine sehr flexible Möglichkeit, Ergebniswerte innerhalb der mb WorkSuite individuell weiter zu verarbeiten. In jeder Zelle der S018-Tabellen können Werte übernommen, weiter bearbeitet und einem individuell erzeugten Nachweis zugeführt werden.

Eingabe: 03 - Nachweis Anschlüsse (S018) *									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Balkonanschlüsse	Eckbalkon							
2									
3	Einwirkungen	Momente	GELE-1	$m_{Ed}$	=	-23.13	kNm/m		
4			GELE-5	$m_{Ed}$	=	-23.58	kNm/m		
5			GELE-2	$m_{Ed}$	=	-27.32	kNm/m		
6			GELE-3	$m_{Ed}$	=	-29.76	kNm/m		
7				$m_{Ed, min}$	=	-29.76	kNm/m		
8									
9		Querkräfte	GELE-1	$V_{Ed}$	=	24.31	kN/m		
10			GELE-5	$V_{Ed}$	=	24.99	kN/m		
11			GELE-2	$V_{Ed}$	=	28.14	kN/m		
12			GELE-3	$V_{Ed}$	=	34.72	kN/m		
13				$V_{Ed, max}$	=	34.72	kN/m		
14									
15									
16	Tragfähigkeit	Element:	HIT-HP MVX-0703-18-100-30						
17			$m_{Rd}$	=	-31.70	kNm/m			
18			$V_{Rd}$	=	36.98	kN/m			
19									
20	Nachweis	Ausnutzung	$\eta = 0.94$						
21									

Bild 11. Eingabe S018

**Fazit**

Die Modellierung von Anschlüssen und Fugen in Plattensystemen gehört zu häufigen Aufgabenstellungen im Alltag des Tragwerksplaners. Mit den Modulen M522 und M524 werden die mechanischen Möglichkeiten von MicroFe PlaTo oder MicroFe comfort deutlich erweitert. Abgerundet werden diese durch praxisbezogene Ausgaben und Auswertungen.

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

**Preise und Angebote**

**M522 Einseitige Flächengelenke (Zug-, Druckausschaltung) 199,- EUR**

**M524 Definition von Arbeitslinien für nichtlineare Verbindungen (Flächengelenke) 399,- EUR**  
 Zusatzmodul zu M522

**Pakete**

**MicroFe comfort 3.999,- EUR**  
 MicroFe-Paket „Platten + räumliche Systeme“

**PlaTo 1.499,- EUR**  
 MicroFe-Paket „Platten“

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: März 2018

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)