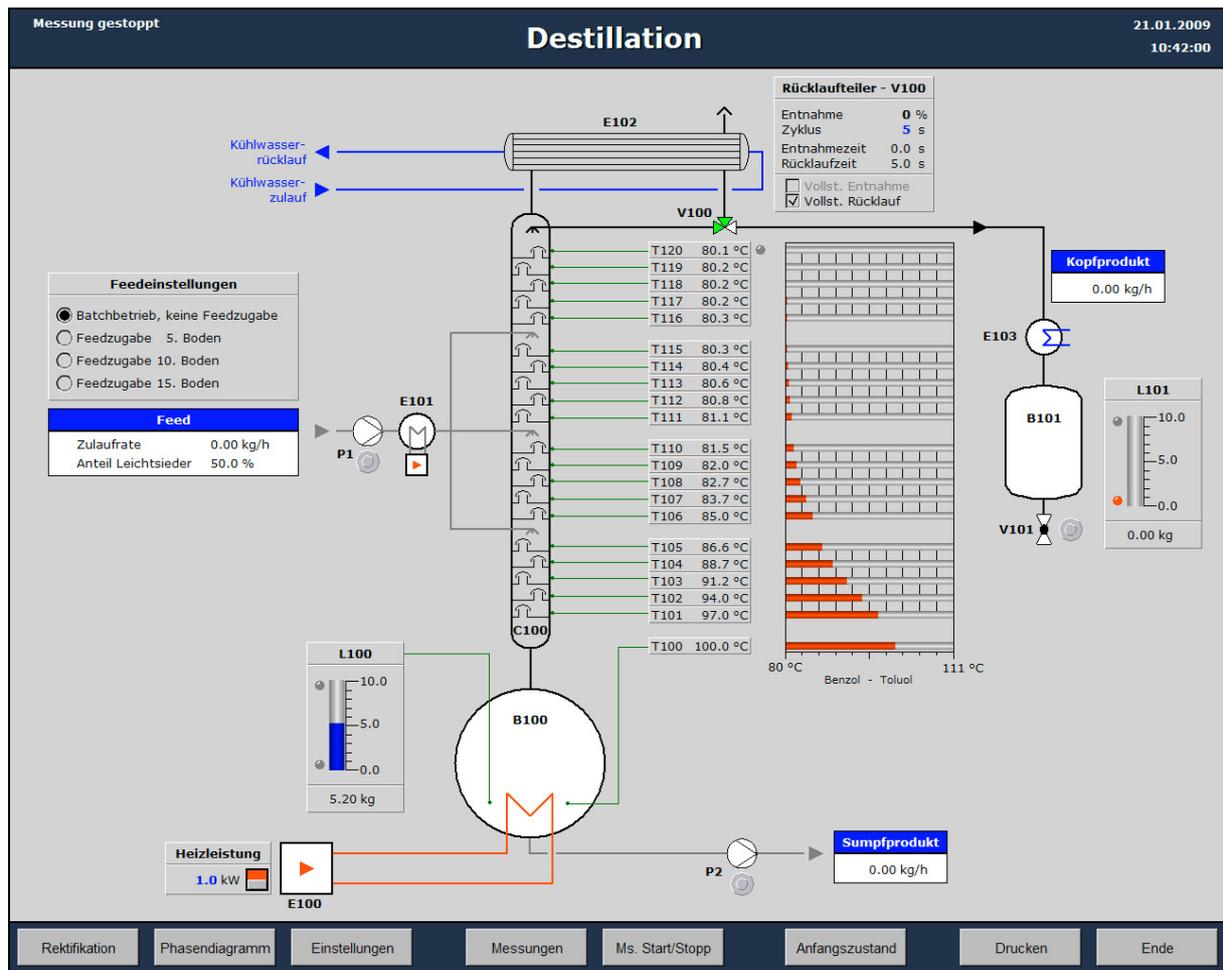


Kurzbeschreibung

Simulation einer Glockenbodenkolonne



Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schoop GmbH
Riechelmannweg 4
21109 Hamburg

Tel.: 040 - 754 922 30
Fax: 040 - 754 922 32
Email: schoop@t-online.de

Inhaltsverzeichnis

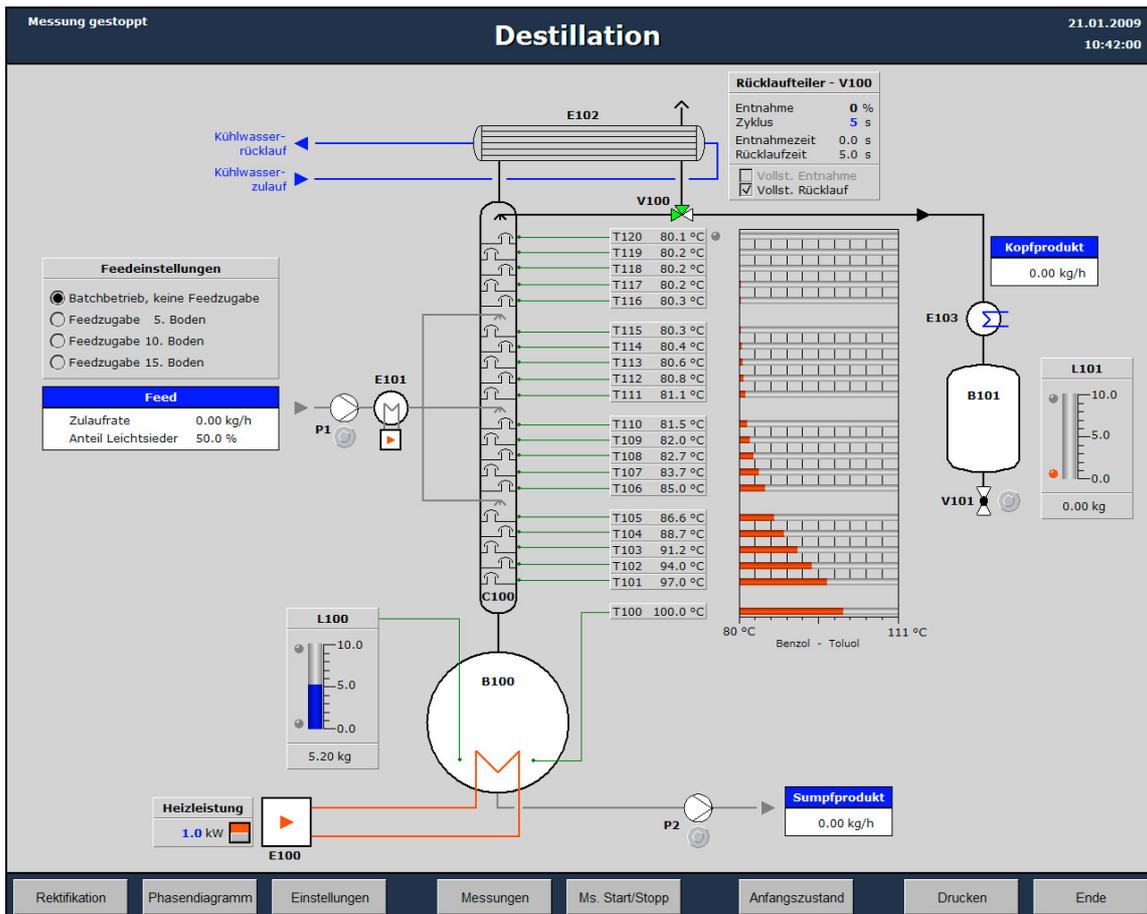
1	BEDIENUNG DES PROGRAMMS	3
1.1	PROGRAMMSTART	3
1.2	BEDIENUNG DER SIMULATION ÜBER PROZESSBILDER	3
1.2.1	KOPFZEILE	3
1.2.2	FUßZEILE	4
1.2.3	REKTIFIKATION	4
1.2.3.1	Sumpfheizung E100	5
1.2.3.2	Rücklaufteiler (RLT)	5
1.2.3.3	Feedzugabe	5
1.2.3.4	Entnahme des Sumpfprodukts	5
1.2.3.5	Entnahme des Kopfprodukts	6
1.2.4	PHASENDIAGRAMM	6
1.2.5	EINSTELLUNGEN	7
1.2.5.1	Kolonnenauslegung	7
1.2.5.2	Kolonnenbetrieb	7
1.2.5.3	Stoffdaten	7
1.2.5.4	Verdampfungsenthalpie	8
1.2.5.5	Phasendiagramm	8
1.2.5.6	McCabe-Thiele-Diagramm	8
1.2.5.7	Szenarienerstellung	9
1.2.5.8	Aufgaben	9
1.2.6	MESSUNGEN	10
1.2.6.1	Trends	10
1.2.6.2	Messdaten	11
1.2.6.3	Messungsverwaltung	12
2	AUFGABEN	13

1 Bedienung des Programms

1.1 Programmstart

Eine Verknüpfung zum Starten der Simulation befindet sich im Startmenü unter „Programme“ → „WinErs-Didaktik“ → „Destillation“ → „Simulation starten“. Es ist zu beachten, dass der Monitor für eine vollständige Darstellung über eine Auflösung von mindestens 1280*1024 verfügen muss.

Das folgende Fenster wird aufgerufen:



1.2 Bedienung der Simulation über Prozessbilder

Das Prozessbild ist in folgende Bereiche unterteilt:

- Kopfzeile
- Fußzeile
- Anlagenschema

1.2.1 Kopfzeile



Die folgenden Informationen finden sich in der Kopfzeile:

- Projektname
- Messungsstatus
- Datum und Uhrzeit

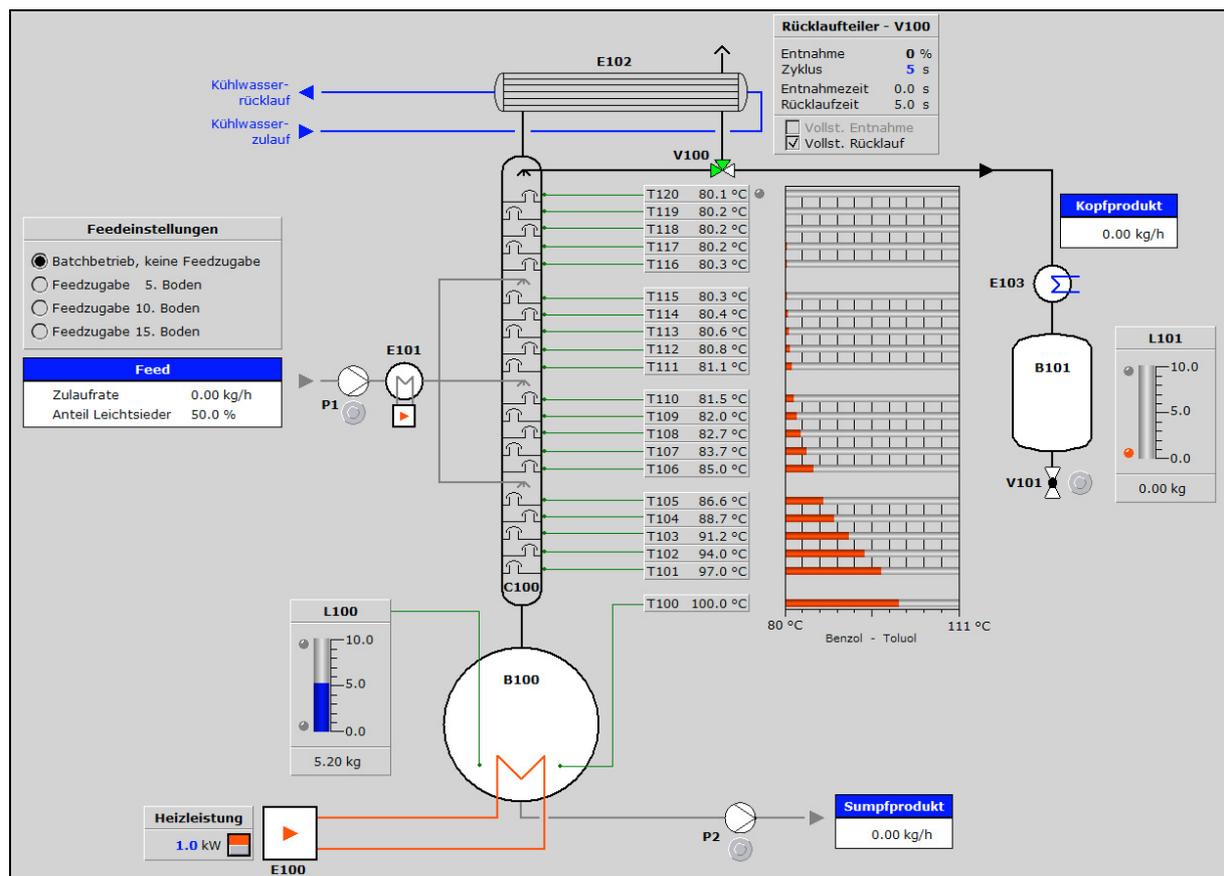
1.2.2 Fußzeile



In der Fußzeile befinden sich Schaltflächen zum Aufruf der Ansichten „Rektifikation“, „Phasendiagramms“, „Einstellungen“, „Messungen“, sowie Funktionsverknüpfungen zum Starten oder Anhalten der Messwertspeicherung, Auslösen des Anfangszustandes, Drucken und zum Beenden der Simulation.

1.2.3 Rektifikation

Dieser Button öffnet die Übersichtsseiten für die Rektifikationsanlage.



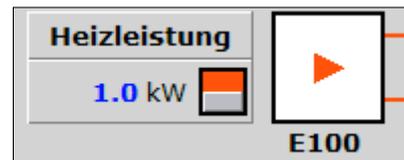
Auf dieser Ansicht ist die Rektifikationskolonne mit 20 Glockenböden dargestellt. Im Sumpf und auf jedem Boden wird die Temperatur erfasst sowohl numerisch, als auch als Balkengrafik dargestellt.

Folgende Bedienelemente finden sich im Prozessbild:

- Sumpfheizung E100
- Rücklaufteiler
- Eduktzugabe auf den 5., 10. oder 15. Kolonnenboden (Feed)
- Sumpfprodukt-Entnahme aus B100
- Kopfprodukt-Entnahme aus B101

1.2.3.1 Sumpfheizung E100

Die Heizung E100 wird über den Schalter eingeschaltet. Da die Siedetemperatur durch die Gemischzusammensetzung festgelegt ist, kann über die Heizleistung (0.1 bis 10kW) der Dampfstrom verändert werden. Die Sumpfheizung wird bei Unterschreiten der Mindestfüllmenge abgeschaltet.



1.2.3.2 Rücklaufteiler (RLT)

Der Rücklaufteiler ist ein 3/2-Wege-Ventil, das das kondensierte Kopfprodukt in einen Rücklauf- und einen Destillatstrom teilt. Im Einstelldialog für den Rücklaufteiler werden eine Zykluszeit und das auf dieses Intervall bezogene Entnahmeverhältnis angegeben. Entnahme- und Rücklaufzeit werden berechnet und angezeigt.



Als weitere Optionen gibt es „Vollständige Entnahme“ (RLT schaltet auf Entnahme, das gesamte Kopfprodukt wird abgezogen; Zyklus und Entnahmeverhältnis werden nicht berücksichtigt), und „Vollständiger Rücklauf“ (RLT schaltet auf Rücklauf, das gesamte Kopfprodukt wird zurückgeführt; Zyklus und Entnahmeverhältnis werden nicht berücksichtigt)

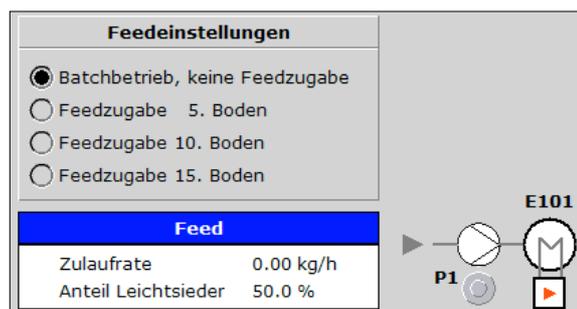
Achtung: Es kann nicht direkt von „Vollst. Rücklauf“ auf „Vollst. Entnahme“ (oder umgekehrt) geschaltet werden.

In folgenden Anlagenzuständen wird automatisch auf auf vollständigen Rücklauf geschaltet:

- Überschreiten der maximalen Kopftemperatur (s. „Einstellungen“)
- Unterschreiten der minimalen Füllmenge in B100 (s. „Einstellungen“)
- Überschreiten der maximalen Füllmenge in B100 (s. „Einstellungen“)
- Überschreiten der maximalen Füllmenge in B101 (10.00 kg)

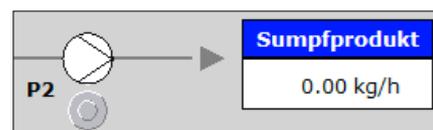
1.2.3.3 Feedzugabe

Die Kolonne kann diskontinuierlich oder kontinuierlich betrieben werden. Im kontinuierlichen Betrieb kann Edukt auf den 5., 10. oder 15. Kolonnenboden zugegeben werden. Dazu ist die Zulaufrate (0.00 bis 100.00 kg/h) und der Anteil der Leichtsieder im Zulauf einzustellen. Weiterhin muss die Pumpe P1 eingeschaltet werden. Der Zulauf wird durch den Wärmetauscher E101 auf Siedetemperatur gebracht. Die Feedpumpe wird bei Überschreiten der maximalen Füllmenge des Sumpfs abgeschaltet.



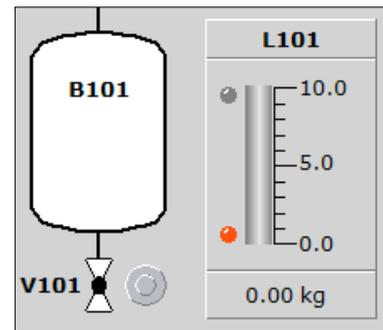
1.2.3.4 Entnahme des Sumpfprodukts

Um zu verhindern, dass der Sumpf bei kontinuierlichem Betrieb überläuft, muss Sumpfprodukt entnommen werden. Dazu wird eine Sumpfproduktentnahmerate (0.00 bis 100.00 kg/h) eingestellt und die Pumpe P2 eingeschaltet.



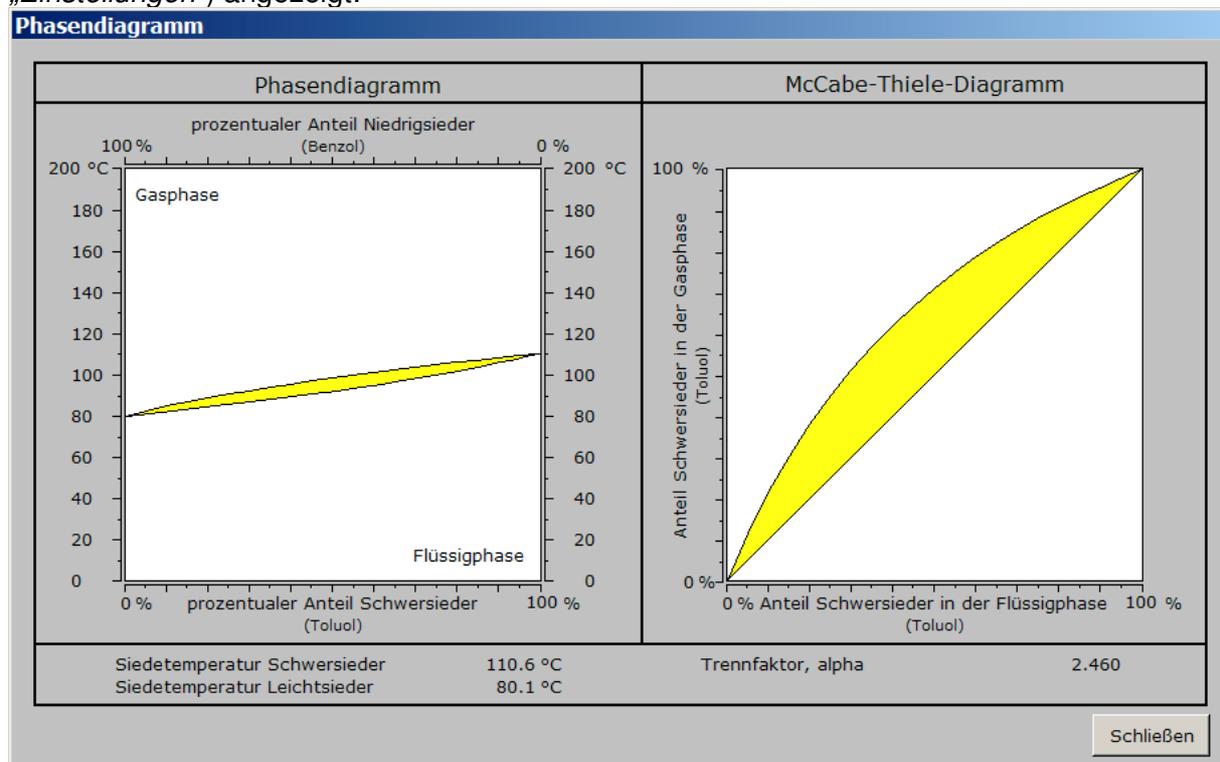
1.2.3.5 Entnahme des Kopfprodukts

Während des kontinuierlichen Betriebs kann es vorkommen, dass der Auffangbehälter des Kopfprodukts (B101) bis zur maximalen Menge von 10.00 kg gefüllt wird. Der Rücklauf-teiler schaltet dann automatisch auf vollständigen Rücklauf. Über das Bodenventil V101 kann der Behälter geleert werden. Erst dann kann der Rücklauf-teiler wieder bedient werden.



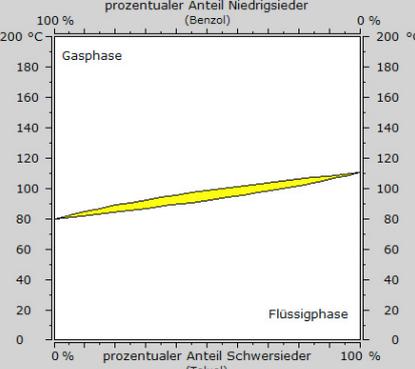
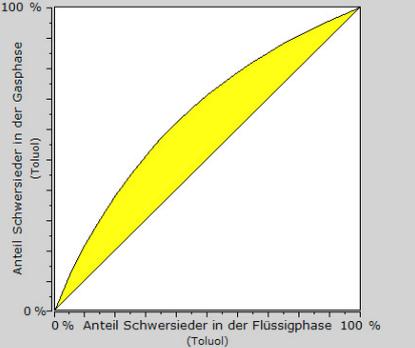
1.2.4 Phasendiagramm

Über die Schaltfläche „Phasendiagramm“ wird das folgende Fenster mit dem Phasendiagramm und dem McCabe-Thiele-Diagramm für das eingestellte Stoffgemisch (s. „Einstellungen“) angezeigt:



1.2.5 Einstellungen

Durch Klicken auf die Schaltfläche „Einstellungen“ wird das folgende Fenster aufgerufen:

<p>Kolonnenauslegung</p> <p>Füllmenge/Boden im Verstärkerteil 50.0 g Füllmenge/Boden im Abtriebsteil 80.0 g Stufenwirkungsgrad, eta 0.500 Min. Füllmenge Sumpf 0.1 kg Max. Füllmenge Sumpf 10.0 kg Max. Kopftemperatur 100.0 °C</p>	<p>Phasendiagramm</p> 	<p>Szenarienerstellung</p> <p>Szenario speichern Szenario laden</p>									
<p>Kolonnenbetrieb</p> <p><input checked="" type="radio"/> Batchbetrieb, keine Feedzugabe <input type="radio"/> Feedzugabe 5. Boden <input type="radio"/> Feedzugabe 10. Boden <input type="radio"/> Feedzugabe 15. Boden</p> <p>Zulauftrate 15.0 kg/h Anteil Leichtsieder 35.0 %</p>	<p>McCabe-Thiele-Diagramm</p> 	<p>Aufgaben</p> <p>Aufgabe speichern Aufgabe laden</p>									
<p>Stoffdaten</p> <p>Trennfaktor, alpha 2.460 Siedetemperatur Schwertsieder 110.6 °C Toluol Siedetemperatur Leichtsieder 80.1 °C Benzol</p>	<p>Verdampfungsenthalpie, Hv 393.5 kJ/kg Diese Simulation setzt ähnliche Verdampfungsenthalpien der zu trennenden Stoffe voraus.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stoff</th> <th>Siedetemp.</th> <th>Hv</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Benzol</td> <td>80.1 °C</td> <td>393.5 kg/kJ</td> </tr> <tr> <td>Toluol</td> <td>110.62 °C</td> <td>362.8 kg/kJ</td> </tr> </tbody> </table>		Stoff	Siedetemp.	Hv	Benzol	80.1 °C	393.5 kg/kJ	Toluol	110.62 °C	362.8 kg/kJ
Stoff	Siedetemp.	Hv									
Benzol	80.1 °C	393.5 kg/kJ									
Toluol	110.62 °C	362.8 kg/kJ									

Folgende Einstellungen sind auf dieser Seite möglich:

1.2.5.1 Kolonnenauslegung

Es kann die Füllmenge auf den Böden im Verstärker- und Abtriebsteil festgelegt werden. Als Verstärkerteil wird der Teil Kolonne bezeichnet, der sich über einem Zulauf befindet. Der Abtriebsteil der Kolonne entspricht dem Teil, der sich unterhalb des Zulaufs befindet. Wenn die Kolonne diskontinuierlich betrieben wird, wird die gesamte Kolonne als Verstärkerteil bezeichnet. Die Simulation berücksichtigt diese Definitionen.

Die Trennleistung kann durch den Stufenwirkungsgrad ($\eta = 0 \dots 1$) eingestellt werden. Weiterhin können die Grenzwerte für minimale und maximale Füllmengen im Sumpf (B100) sowie die maximale Kopftemperatur eingegeben werden. Diese Grenzwerte wirken sich, wie oben bereits erwähnt, auf die Ansteuerung des Rücklaufteilers aus.

1.2.5.2 Kolonnenbetrieb

Die Kolonne kann diskontinuierlich oder kontinuierlich betrieben werden. Im kontinuierlichen Betrieb kann Edukt auf den 5., 10. oder 15. Kolonnenboden zugegeben werden. Dazu ist die Zulauftrate (0.00 bis 100.00 kg/h) und der Anteil der Leichtsieder im Zulauf einzustellen. Weiterhin muss die Pumpe P1 eingeschaltet werden. Der Zulauf wird durch den Wärmetauscher E101 auf Siedetemperatur gebracht. Die Feedpumpe wird bei Überschreiten der maximalen Füllmenge des Sumpfs abgeschaltet.

1.2.5.3 Stoffdaten

In der Kolonne wird ein Gemisch aus Benzol und Toluol getrennt. Falls die Stoffdaten bekannt sind, können auch andere ideale Gemische eingestellt werden. Dazu sind die Siedetemperaturen und der Trennfaktor α anzugeben.

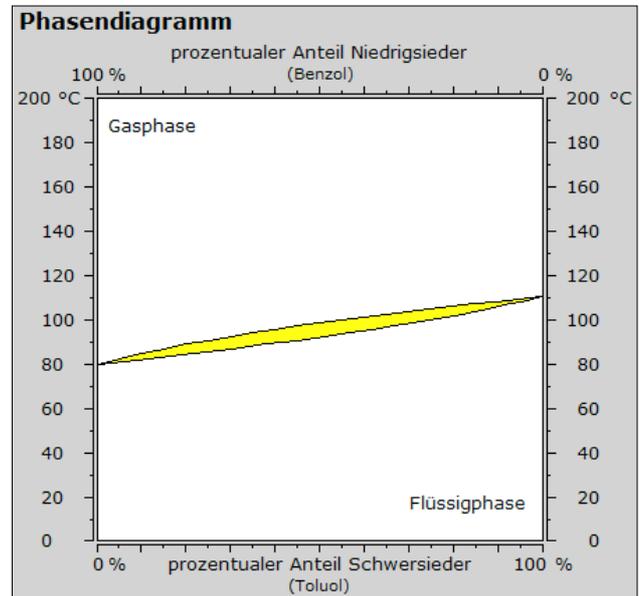
1.2.5.4 Verdampfungsenthalpie

Aus der Verdampfungsenthalpie H_v und der Heizleistung ergibt sich der Dampfstrom. Es ist zu beachten, dass die Simulation ähnliche Verdampfungsenthalpien für die zu trennenden Stoffe voraussetzt, und nur eine Verdampfungsenthalpie berücksichtigt wird.

1.2.5.5 Phasendiagramm

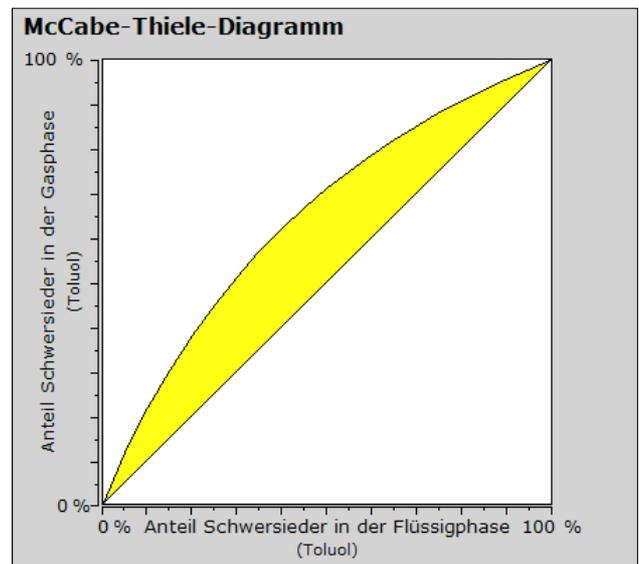
Die obere Linie im Siedediagramm stellt die Kondensationskurve (Taulinie) dar, die untere die Siedelinie. Folglich ist die obere Phase gasförmig und die untere flüssig.

Über die in der flüssigen Phase erfasste Temperatur kann das Mischungsverhältnis der beiden Komponenten in der Flüssigkeit an der Siedelinie abgelesen werden. Wird die Temperatur in der Dampfphase erfasst, so ist das Mischungsverhältnis an der Taulinie abzulesen.



1.2.5.6 McCabe-Thiele-Diagramm

Das McCabe-Thiele-Diagramm entsteht durch Auftragung der Stoffmengenanteile einer Komponente (meist leichter siedend) in der Flüssigphase zu den entsprechenden Stoffmengenanteilen derselben Komponente in der Gasphase.

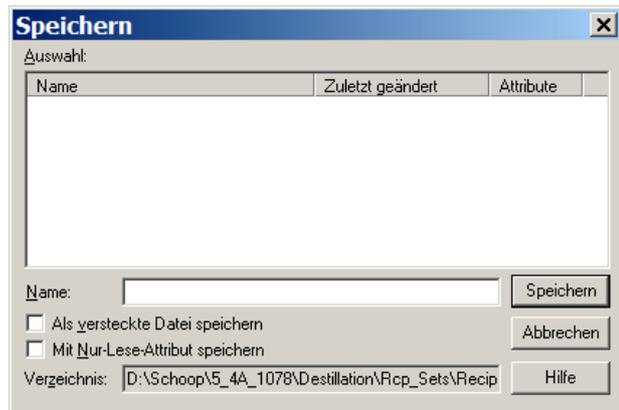


1.2.5.7 Szenarienerstellung

Mit den Schaltflächen „Szenario speichern“ und „Szenario laden“ können die Parameter aus den Bereichen „Kolonnenauslegung“, „Kolonnenbetrieb“, „Stoffdaten“ und „Verdampfungsenthalpie“ gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgerufen werden.

Um die aktuellen Daten zu speichern, muss die Schaltfläche „Szenario speichern“ gewählt werden. Es muss nun ein Name vergeben werden und „Speichern“ gewählt werden. Die Optionen „Als versteckte Datei speichern“ und „Mit Nur-Lese-Attribut speichern“ sollten nicht ausgewählt werden, da versteckte Dateien später nicht geladen werden können. (Die Option „Nur-Lesen“ wirkt sich nur auf die Dateiverwaltung des Betriebssystems aus.)

Wird die Schaltfläche „Szenario laden“ geklickt kann ein vorher gespeichertes Szenario aus der Drop-Down-Liste ausgewählt werden. Durch klicken auf „OK“ werden die entsprechenden Parameter geladen.




Bezeichnung	Wert	Einheit
Füllmenge/Boden Verstärkerteil	50	g
Füllmenge/Boden Abtriebsteil	80	g
Stufenwirkungsgrad, eta	0.500	
Trennfaktor, alpha	2.460	
Siedetemp. Schwersieder	110.62	°C
Siedetemp. Leichtsieder	80.10	°C
Verdampfungsenthalpie	393.5	kJ/kg
0=Batch; 1=Stufe 5; 2=St.10; 3=St.15	1	[·]
prozentualer Anteil Leichtsieder im Feed	35.0	%

1.2.5.8 Aufgaben

Mit den Schaltflächen „Aufgaben speichern“ und „Aufgaben laden“ kann der aktuelle Kolonnenzustand, sowie die Parameter aus den Bereichen „Kolonnenauslegung“, „Kolonnenbetrieb“, „Stoffdaten“ und „Verdampfungsenthalpie“ gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgerufen werden.

Um die aktuellen Daten zu speichern, muss die Schaltfläche „Aufgaben speichern“ gewählt werden. Es muss nun ein Name vergeben werden und „Speichern“ gewählt werden. Die Optionen „Als versteckte Datei speichern“ und „Mit Nur-Lese-Attribut speichern“ sollten nicht ausgewählt werden, da versteckte Dateien später nicht geladen werden können. (Die Option „Nur-Lesen“ wirkt sich nur auf die Dateiverwaltung des Betriebssystems aus.)

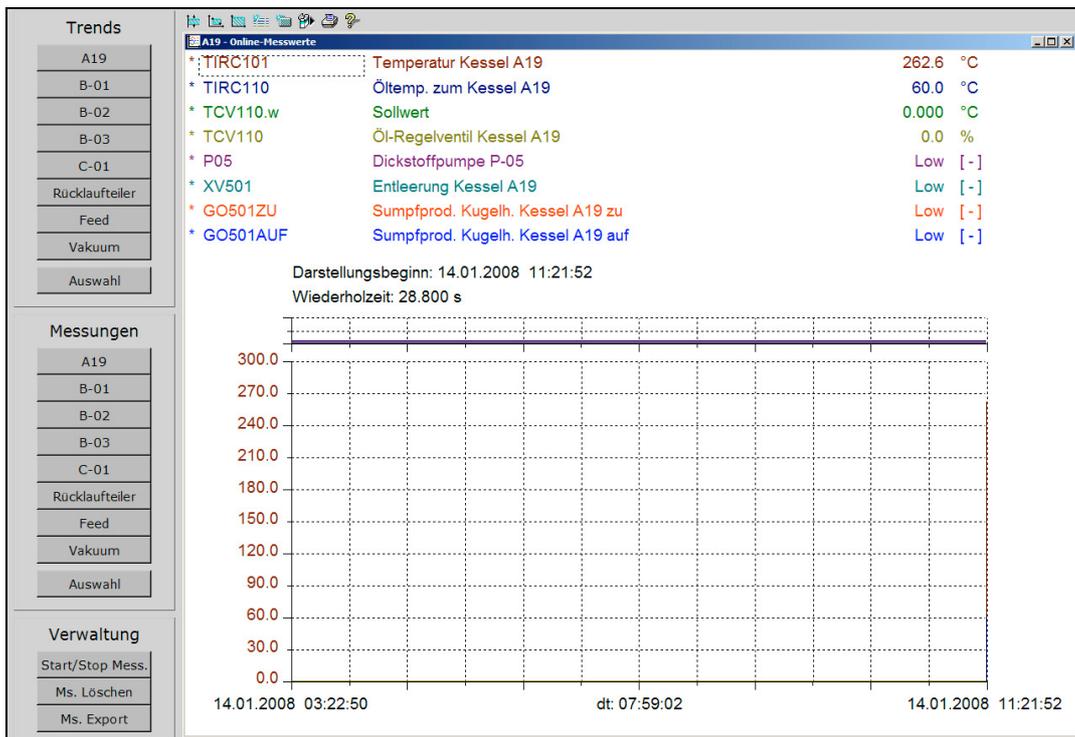


Bezeichnung	Wert	Einheit
alpha	2.460	
RV	25.0	%
Min. Füllmenge B100	0.1	kg
Max. Füllmenge B100	10.0	kg
Modus f. Feedeinstellungen	1	[·]
Feedrate Zulauf	15.0	kg/h
Anteil Leichtsieder im Feed	35.0	%
Zeitintervall, RLT	20	s
Feedrate Sumpf	3.6	kg/h

Wird die Schaltfläche „Szenario laden“ geklickt kann ein vorher gespeichertes Szenario aus der Drop-Down-Liste ausgewählt werden. Durch klicken auf „OK“ werden die entsprechenden Parameter geladen.

1.2.6 Messungen

Öffnet die Trend- und Messdatenverwaltung.



Hier können Online-Trends und Messungen für vordefinierte Gruppen aufgerufen werden oder aber über „Auswahl“ frei zusammengestellt werden.

Um die Gruppenansicht für Messdaten auszuwählen, muss die Messwernerfassung zuvor aktiviert worden sein.

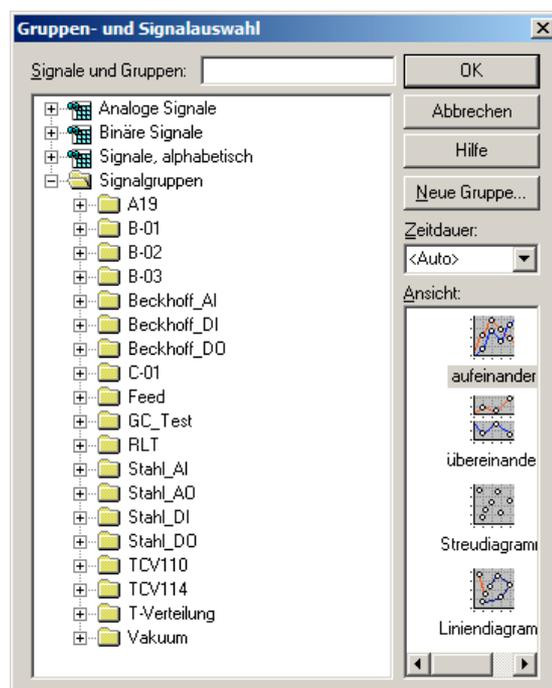
1.2.6.1 Trends

Klicken auf die oberen Buttons öffnet eine vordefinierte Trendansicht.

Klicken auf „Auswahl“ öffnet das rechts abgebildete Fenster. Zunächst werden die entsprechenden Signale oder eine Gruppe selektiert. Danach wird die gewünschte Zeitdauer eingestellt über die die Signale angezeigt werden sollen (bezogen auf die Fensterbreite)

Zuletzt wählen kann die Ansicht ausgewählt werden. Es stehen vier Ansichten zur Verfügung: zwei Zeitdarstellungen und zwei X-/Y-Diagramme.

Als Darstellungsform für Zeitdarstellungen können die Signale entweder aufeinander gezeichnet werden, wobei alle Signale eines Typs in einem Diagramm erscheinen, oder aber übereinander dargestellt werden, sodass jedes Signal in einem eigenen Diagramm dargestellt wird. Als Darstellungsform für X-/Y-Diagramme können die Signale als Linien- oder Streudiagramm dargestellt werden.

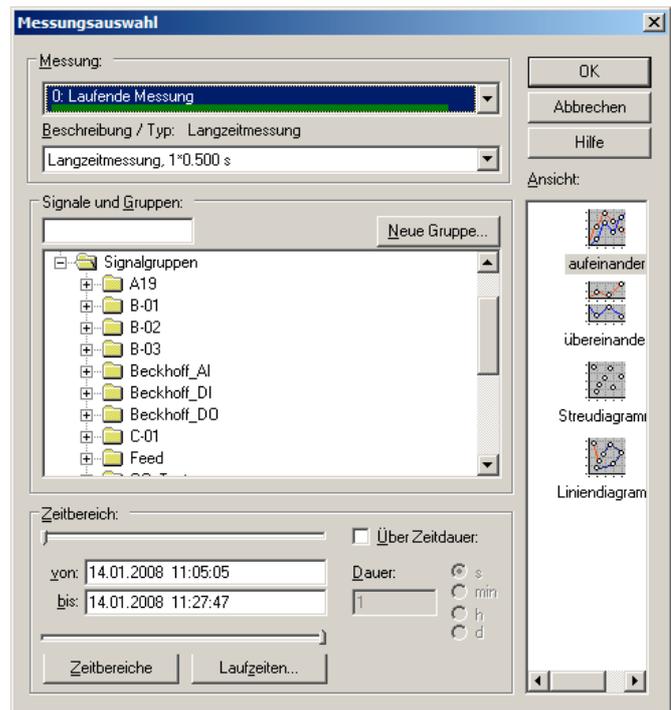


Über „Neue Gruppe“ öffnet sich der Dialog zum Definieren von Signalgruppen.

1.2.6.2 Messdaten

Wenn unter Messdaten „Auswahl“ geklickt wird öffnet sich das rechts abgebildete Fenster. Zunächst wird die Messungsnummer sowie die gewünschten Signale oder eine Signalgruppe ausgewählt. Danach kann die gewünschte Zeitdauer oder ein Zeitbereich für die Auswertung eingestellt werden. Auch hier stehen wieder vier Ansichten zur Verfügung: zwei Zeitdarstellungen und zwei X-/Y-Diagramme.

Als Darstellungsform für Zeitdarstellungen können die Signale entweder aufeinander gezeichnet werden, wobei alle Signale eines Typs in einem Diagramm erscheinen, oder aber übereinander dargestellt werden, sodass jedes Signal in einem eigenen Diagramm dargestellt wird. Als Darstellungsform für X-/Y-Diagramme können die Signale als Linien- oder Streudiagramm dargestellt werden.



Über „Neue Gruppe“ öffnet sich der Dialog zum Definieren von Signalgruppen.

Hinweis: Es können maximal acht analoge Signale gleichzeitig dargestellt werden.

Je nach ausgewähltem Unterfenster wird die Symbolleiste für Trends oder Messungen angezeigt.

Symbolleiste Trendansicht:



Tabelle 1: Funktionsbeschreibung der Symbolleiste "Trendansicht"

Nr.	Funktion
1	Darstellungsbereich numerisch ändern
2	Zeit- und Darstellungsbereich über „Klicken-und-Ziehen ändern
3	Originalbereich wiederherstellen
4	Signale zur Ansicht hinzufügen/entfernen
5	Änderungen in Gruppe speichern / Neue Gruppe anlegen
6	Dargestellte Werte in Text-/CSV-Datei exportieren
7	Aktuelles Fenster drucken
8	Hilfe zur Bedienung des Fensters

Symbolleiste Messungsansicht:



Tabelle 2: Funktionsbeschreibung der Symbolleiste "Messungsansicht"

Nr.	Funktion
1	Zeitbereich numerisch ändern
2	Darstellungsbereich numerisch ändern
3	Zeit- und Darstellungsbereich über „Klicken-und-Ziehen ändern
4	Originalbereich wiederherstellen
5	Signale zur Ansicht hinzufügen/entfernen
6	Änderungen in Gruppe speichern / Neue Gruppe anlegen
7	Lineal zur genauen Ansicht der Signalwerte einblenden
8	Suchfunktion
9	Dargestellte Werte in Text-/CSV-Datei exportieren
10	Einstellungen für die Messwertdarstellung
11	Aktuelles Fenster drucken
12	Hilfe zur Bedienung des Fensters

1.2.6.3 Messungsverwaltung

Hier können alte Messungen gelöscht, die Messdaten aus dem aktuellen Messungsfenster für die weitere Bearbeitung, z.B. mit MS Excel, exportiert oder im WinErs-Archivformat archiviert werden.

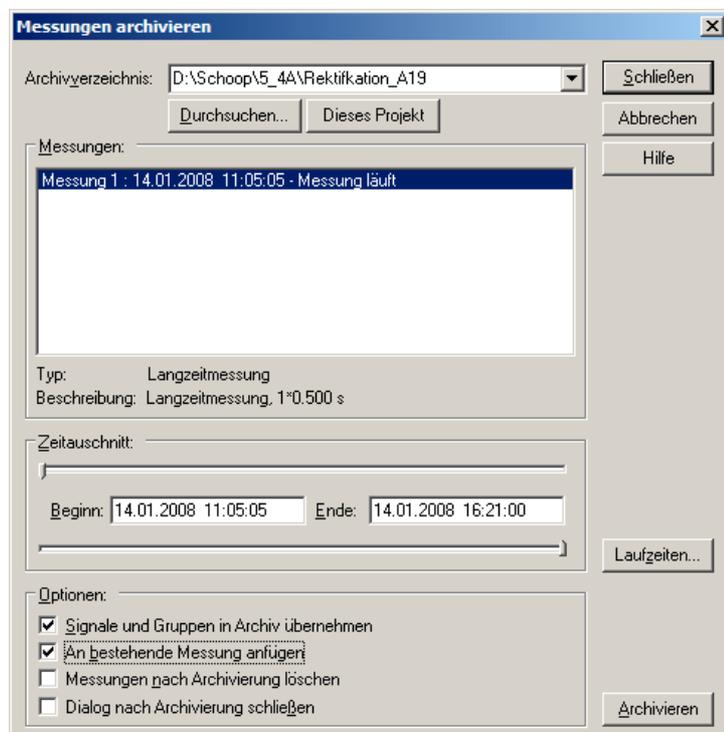
Archivierung der Messdaten

Wenn Sie auf Archivieren klicken öffnet sich der folgende Dialog:

Klicken Sie auf die Schaltfläche „Dieses Projekt“. Dadurch wird das Archiv in einem Unterordner des Projektverzeichnisses erzeugt. Der Speicherpfad wird automatisch eingetragen. Über die Möglichkeit Messungen in das gleiche Projekt zu archivieren und die Option „An bestehende Messungen anfügen“, können Sie mehrere Messungen zu einer Gesamtmessung zusammenfügen.

Als nächstes wählen Sie die gewünschte(n) Messung(en) aus. Wenn nur eine Messung ausgewählt wird kann der Zeitausschnitt genau spezifiziert werden.

Wählen Sie als letztes die Optionen Signale und Gruppen in Archiv übernehmen und „An bestehende Messung anfügen“.



Hinweis: Messwertarchive können nur mit der WinErs-Runtime- oder WinErs-Professional-Version geöffnet werden.

2 Aufgaben

2.1 Diskontinuierliche Rektifikation

2.1.1 Aufgabe 1

- Stellen Sie den Anfangszustand über die Schaltfläche „Anfangszustand“ ein.
- Starten Sie die Messwerterfassung.
- Deaktivieren Sie am Rücklaufteiler die Option „Vollst. Rücklauf“ und stellen Sie ein Rücklaufverhältnis von 50% ein.
- Die Kopftemperatur soll für 30 Minuten unter 85°C gehalten werden.
- Wieviel Kopfprodukt kann in diesem Zeitraum gewonnen werden?
- Wiederholen Sie das Experiment mit einer Heizleistung von 5kW.

2.2 Kontinuierliche Rektifikation

2.2.1 Aufgabe 2

Es soll eine kontinuierliche Rektifikation mit folgenden Einstellungen durchgeführt werden:

- Zugabe von 15.00 kg/h auf den 5. Kolonnenboden mit einem Leichtsiederanteil von 35%
- 25% Kopfproduktentnahme, bei 10s Zykluszeit
- Sumpfproduktentnahme von 3.60 kg/h
- 5.0 kW Heizleistung

- Laden Sie „Aufgabe 2“ auf der Seite „Einstellungen“
-