

HyPlan Tool: Rüstminimale Produkt-Reihenfolge (Leitfaden)

Axel Korge
Tobias Krause
Xiang Nie

Stand 1.8.2012

Das HyPlan Rüstminimale Produkt-Reihenfolge-Tool ermöglicht es den Nutzern eine Fertigungsreihenfolge für ein vorgegebenes Produktspektrum so zu ermitteln, dass die Summe der Rüstzeiten möglichst gering ist. Die Werkzeuge von HyPlan unterstützen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei der Einführung von Lean-Management.

Weitere Informationen und Downloads: www.hyplan.org



Das Forschungsprojekt HyPlan wird von der Baden-Württemberg Stiftung gefördert und gemeinsam vom Institut für Produktionstechnik (wbk) der Universität Karlsruhe (TH) und dem Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart bearbeitet

Inhaltsverzeichnis

Benutzungsanleitung für „Rüstminimale Produkt-Reihenfolge“	3
1 Aufgabe des Werkzeugs „Rüstminimale Produkt-Reihenfolge“	4
2 Öffnen des Excel-Werkzeuges	5
3 Eigene Daten in das Arbeitsblatt „Rüstzeitmatrix_ok“ kopieren	6
4 Die richtige Anzahl Zeilen und Spalten in allen Arbeitsblättern erzeugen	8
4.1 Anpassung der Zeilen und Spalten im Arbeitsblatt „BASIS“	8
4.2 Anpassung der Arbeitsblätter „R_x“ und „Cockpit“	10
4.3 Überprüfen im Arbeitsblatt „Kontrolle“	11
5 Interpretation & Optimierung der Ergebnisse im Cockpit.....	12
Hinweis zum Download.....	13

Benutzungsanleitung für „Rüstminimale Produkt-Reihenfolge“

Das Werkzeug ermittelt eine Fertigungsreihenfolge für ein vorgegebenes Produktspektrum so, dass die Summe der Rüstzeiten möglichst gering ist.

Das Werkzeug „Rüstminimale Produkt-Reihenfolge“ steht zum kostenfreien Download bereit unter: www.hyplan.org. Klicken Sie im Navigationsmenü auf → Ergebnisse, dort auf →Downloads und dann auf **Download Rüstfolge (Excel®)**.

Anwendung des Werkzeugs (Kurzfassung)

- Der Anwender erzeugt eine unternehmensspezifische Rüstzeitmatrix und kopiert sie in das Arbeitsblatt „Rüstzeitmatrix_ok“ (gelber Reiter, siehe Kapitel 3). Die Zellen der Rüstzeitmatrix geben die Rüstzeiten zwischen allen Produkten an. Die Rüstzeit ist die beziehen sich auf die Zeit, die beim Umrüstgang zum Wechseln zwischen den Produkten für die Austausch von Werkzeugen in den Maschinen und bei Bedarf zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen notwendig ist. Während des Rüstvorgangs steht die jeweilige Maschine still.
- Der Anwender kopiert in jedem Arbeitsblatt die Formeln entsprechend den angezeigten Vorgaben in die Zeilen und Spalten (eine automatische Belegung mit Formeln ist uns ohne Makros leider nicht gelungen). Er kann die Richtigkeit im Arbeitsblatt „Kontrolle“ (schwarzer Reiter) überprüfen.
- Die eigentlichen Berechnungen erfolgen im Hintergrund. Alle relevanten Eingabedaten werden im Arbeitsblatt „BASIS“ zusammengeführt. Auf dieser Datenbasis setzen die Berechnungen der Arbeitsblätter „R_1“, „R_2“ und „R_3“ auf. Außer der Anpassung der Zeilen- und Spaltenzahl braucht der Anwender in diesen Arbeitsblättern keine Eingabe vorzunehmen.
- Der Anwender interpretiert die Planungs-Ergebnisse im Arbeitsblatt Cockpit (blauer Reiter). Im Cockpit kann der Anwender auch Optimierungsparameter auswählen.
- Im Folgenden wird zunächst die Aufgabe des Werkzeugs konkretisiert, im Anschluss zeigt eine bebilderte Anleitung die Anwendung schrittweise auf.

1 Aufgabe des Werkzeugs „Rüstminimale Produkt-Reihenfolge“

Das Werkzeug ermittelt eine Fertigungsreihenfolge für ein vorgegebenes Produktspektrum so, dass die Summe der Rüstzeiten möglichst gering ist. Erforderlich Eingabedaten sind eine Rüstzeitmatrix, welche die Rüstzeiten zwischen allen Produkten beschreibt.

Nivellierung und Glättung gilt in der Lean-Produktion als die kostengünstigste und effektivste Methode der Produktion. Bei der Nivellierung der Produktion wird die Gesamtstückzahl für ein bestimmtes Produkt in Tagesmengen eingeteilt. Eine zusätzliche Glättung ergibt sich, wenn man diese Tageslose in weitere Teilmengen zerlegt und mehrmals am Tag produziert. Durch eine nivellierte bzw. geglättete Produktion werden Arbeiten gleichmäßig über die Zeit verteilt und alle Kapazitäten gleichmäßig ausgelastet. Da jede Variante jeden Tag gefertigt wird, kann die Produktion flexibel auch auf kurzfristig eintreffende Bestellungen reagieren. Ein ausführlicher Methodensteckbrief zu Nivellierung und Glättung (Heijunka) findet sich im Dokument „Hyplan Handlungskatalog (Leitfaden)“ ab Seite 20. Dieses steht zum kostenfreien Download bereit unter: www.hyplan.org. Klicken Sie im Navigationsmenü auf → Ergebnisse, dort auf → Downloads und dann auf → **Download Handlungskatalog Leitfaden.**

Allerdings bewirken Nivellierung und Glättung kleine Lose und häufiges Rüsten, somit gewinnt die Minimierung der Rüstzeiten eine wichtige Rolle. Die Rüstzeit ist die Zeit, während der ein Betriebsmittel aufgrund eines Wechsels der Vorrichtungen, Werkzeuge oder Materialien für eine neue Teilevariante nicht für die Bearbeitung zur Verfügung steht [Erla-10]. Rüstzeiten können durch Rüst-Workshops und Anwendung der Methode SMED (Single Minute Exchange of Die) stark reduziert werden. Ein ausführlicher Methodensteckbrief zur Rüstzeitminimierung (SMED) findet sich im Dokument „Hyplan Handlungskatalog (Leitfaden)“ ab Seite 23:

Darüber hinaus können die anfallenden Rüstzeiten durch eine geeignete Reihenfolge, in der die Produkte hergestellt werden, minimiert werden.

Aufgabe des Werkzeugs ist es, die Reihenfolge der zu fertigenden Produkte so zu bestimmen, dass die Summe der anfallenden Rüstzeiten minimal wird. Dazu wird ein Näherungsverfahren verwendet, da eine Berechnung exakter Lösungen zu sehr langen Rechenzeiten führt. Ein Näherungsverfahren findet normalerweise nicht die absolut beste Reihenfolge. Das Excel-Tool bietet deshalb die Möglichkeit an, die rüstminimale Produkt-Reihenfolge ausgehend von unterschiedlichen Ausgangs-Produkten zu beginnen. Der Anwender kann die beste Folge auswählen.

2 Öffnen des Excel-Werkzeuges

Das Werkzeug „Rüstminimale Produkt-Reihenfolge“ steht zum kostenfreien Download bereit unter: www.hyplan.org. Klicken Sie im Navigationsmenü auf → Ergebnisse, dort auf →Downloads und dann auf **Download Rüstfolge (Excel®)**.

Beim Start öffnet sich das so genannte „Cockpit“. Im Cockpit kann der Anwender Optimierungsparameter auswählen, außerdem sind dort die Planungsergebnisse dargestellt (siehe Abbildung 1). Die Anwendung des Cockpits wird in Kapitel 5 beschrieben.

Im ersten Schritt müssen die Beispieldaten des Werkzeugs durch unternehmensspezifische Daten ersetzt werden (siehe Kapitel 3). Zur Eingabe unternehmensspezifischer Daten, klickt der Anwender auf den gelben Reiter „Rüstzeitmatrix_ok“ unterhalb des Arbeitsblattes.

Zuordnung	Produkt	Rüstzeiten (min)	
		von - nach	Summe
0	Produkt 14		
1	Produkt 23	155	155
2	Produkt 12	175	330
3	Produkt 17	130	460
4	Produkt 25	58	518
5	Produkt 10	106	624
6	Produkt 13	95	719
7	Produkt 18	106	825
8	Produkt 8	135	960
9	Produkt 22	170	1130
10	Produkt 24	108	1238
11	Produkt 4	131	1369
12	Produkt 11	91	1460
13	Produkt 6	119	1579
14	Produkt 7	138	1717
15	Produkt 3	237	1954
16	Produkt 29	74	2028
17	Produkt 32	105	2133
18	Produkt 31	128	2261
19	Produkt 26	180	2441
20	Produkt 2	81	2522
21	Produkt 20	430	2952
22	Produkt 21	110	3062
23	Produkt 1	60	3122
24	Produkt 9	123	3245
25	Produkt 27	87	3332
26	Produkt 30	60	3392
27	Produkt 5	120	3512
28	Produkt 16	11	3523
29	Produkt 15	154	3677
30	Produkt 19	85	3762
31	Produkt 33	194	3956
32	Produkt 28	103	4059
33	Produkt 14	813	4872

Abbildung 1. Die rüstminimale Produkt-Reihenfolge im Arbeitsblatt „Cockpit“

3 Eigene Daten in das Arbeitsblatt „Rüstzeitmatrix_ok“ kopieren

Zur Eingabe einer Rüstzeitmatrix öffnet der Anwender das Arbeitsblatt „Rüstzeitmatrix_ok“. Analog zur dort vorhandenen Datenstruktur erstellt er (außerhalb des Werkzeugs) eine Rüstzeitmatrix für die eigenen Produkte, beispielsweise als Auszug aus dem ERP-System und kopiert sie in das Eingabe-Arbeitsblatt „Rüstzeitmatrix_ok“ (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3).

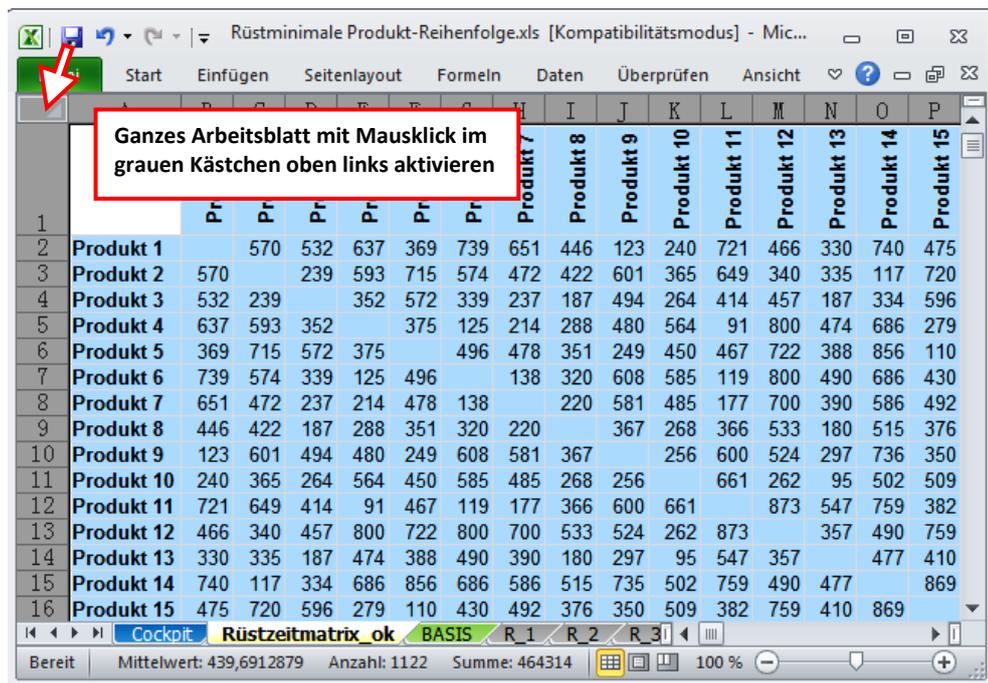


Abbildung 2. Das Eingabe-Arbeitsblatt „Rüstzeitmatrix_ok“

Achtung: In den Arbeitsblättern dürfen niemals alle Zeilen gelöscht werden, sonst verlieren die Formeln in den anderen Arbeitsblättern den Bezug. Am besten aktiviert der Anwender das ganze Arbeitsblatt und fügt die neuen Daten ein. Er überschreibt also die alten Daten, auf diese Weise bleiben die Bezüge erhalten.

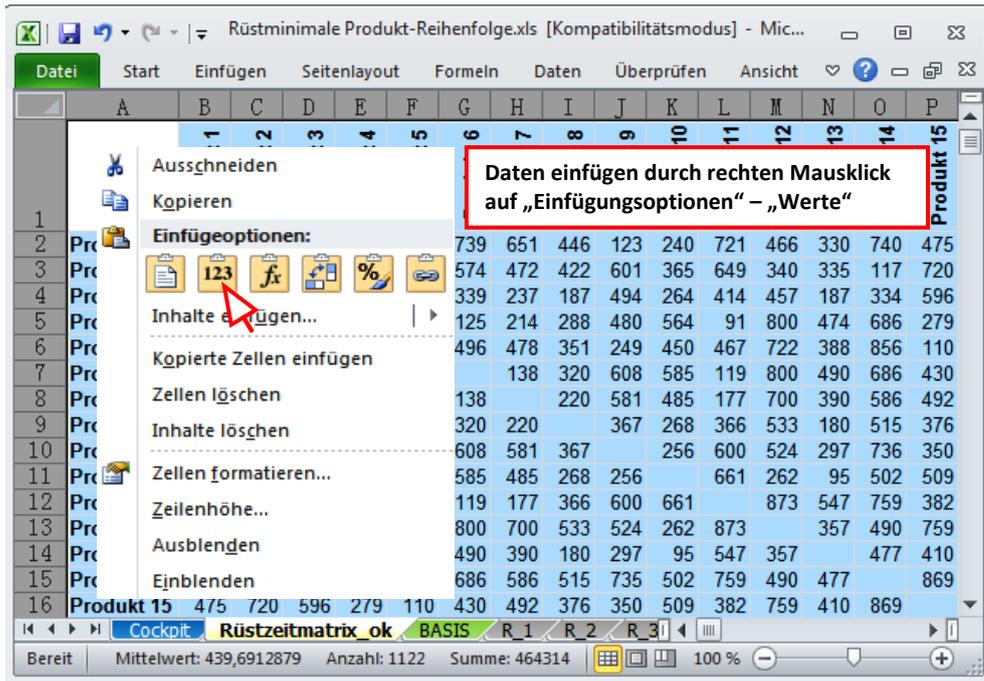


Abbildung 3. Datenaktualisierung im Eingabe-Arbeitsblatt "Rüstzeitmatrix_ok"

4 Die richtige Anzahl Zeilen und Spalten in allen Arbeitsblättern erzeugen

In jedem Arbeitsblatt muss eine bestimmte Anzahl von Spalten und Zeilen mit Formeln belegt werden, wie viele das sind, wird durch die Eingabedaten festgelegt. Wenn die Rüstzeitmatrix beispielsweise 100 Produkt umfasst, so müssen in allen Arbeitsblättern 100 Zeilen und 100 Spalten berechnet werden. Bei mehr Produkten werden entsprechend mehr Zeilen und Spalten benötigt, bei weniger Produkten müssen Spalten und Zeilen gelöscht werden. Die Arbeitsblätter im Werkzeug müssen vom Anwender manuell angepasst werden, indem er Zeilen bzw. Spalten kopiert oder löscht (eine automatische Belegung mit Formeln ist ohne Makros nicht möglich). Die Vorgehensweise wird am Beispiel des Arbeitsblatts „BASIS“ im folgenden Kapitel detailliert erläutert.

4.1 Anpassung der Zeilen und Spalten im Arbeitsblatt „BASIS“

Zunächst passt der Anwender das Arbeitsblatt „BASIS“ an.

Die zweite Zeile im Arbeitsblatt zeigt, wie viele Zeilen und Spalten erforderlich sind. Ist die entsprechende Zahl grün hinterlegt, so stimmt ist die Anzahl in diesem Arbeitsblatt und es muss nichts angepasst werden (siehe Abbildung 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	Rüstzeitmatrix nach Korrektur der Daten																	
2	Formeln bitte kopieren bis einschließlich Zeile								25	und Spalte								P
9																		
10	Von-Nach	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3	Produkt 4	Produkt 5	Produkt 6	Produkt 7	Produkt 8	Produkt 9	Produkt 10	Produkt 11	Produkt 12	Produkt 13	Produkt 14	Produkt 15		
14	Produkt 4	637	593	352		375	125	214	288	480	564	91	800	474	686	279		
15	Produkt 5	369	715	572	375		496	478	351	249	450	467	722	388	856	110		
16	Produkt 6	739	574	339	125	496		138	320	608	585	119	800	490	686	430		
17	Produkt 7	651	472	237	214	478		138	220	581	485	177	700	390	586	492		
18	Produkt 8	446	422	187	288	351	320	220		367	268	366	533	180	515	376		
19	Produkt 9	123	601	494	480	249	608	581	367		256	600	524	297	736	350		
20	Produkt 10	240	365	264	564	450	585	485	268	256		661	262	95	502	509		
21	Produkt 11	721	649	414	91	467	119	177	366	600	661		873	547	759	382		
22	Produkt 12	466	340	457	800	722	800	700	533	524	262	873		357	490	759		
23	Produkt 13	330	335	187	474	388	490	390	297	95	547	357		477	410			
24	Produkt 14	740	117	334	686	856	686	586	515	735	502	759	490	477		869		
25	Produkt 15	475	720	596	279	110	430	492	376	350	509	382	759	410	869			
26																		

Abbildung 4. Arbeitsblatt „BASIS“ mit korrekter Anzahl von Zeilen und Spalten

Sind die Felder rot hinterlegt, so muss der Anwender die Anzahl der mit Formeln belegten Zeilen und Spalten an den Umfang anwendungsspezifischen Eingabedaten anpassen (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6). Dazu löscht er Zeilen bzw. Spalten, wenn der Umfang gering sein muss. Muss der der Umfang größer sein, so legt er weitere Zeilen

bzw. Spalten an, indem er die jeweils letzte Zeile bzw. Spalte kopieren, damit die Berechnungen vollständig durchgeführt werden. Abbildung 5 zeigt ein Bild des Arbeitsblattes „BASIS“ mit zu wenig Zeilen und Spalten. In der Informationszeile (Zeile 2) ist die Anzahl der erforderlichen Zeilen und Spalten rot hinterlegt, das signalisiert die Notwendigkeit zu Anpassungen. Der Anwender kopiert die letzte belegte Zeile (23) in die Zwischenablage und fügt sie in die Zeilen 24 bis 25 ein. Entsprechend kopiert er die Spalte N in die Spalten O bis P.

Hinweis: Zur einfacheren Orientierung sind Überschriften der mit Formeln zu belegenden Zeilen und Spalten normalerweise grau markiert. Falls die bedingte Formatierung von Excel nicht korrekt funktioniert gilt die Zahl in der Informationszeile 2.

Hinweis: Als Grundlage zum Kopieren dient normalerweise die letzte belegte Zeile bzw. Spalte. Falls dort der Datenbezug verloren ging, kann man auch jede andere Zeile mit Ausnahme der Überschriften und der ersten beiden Zeilen der Daten heranziehen (die erste und teilweise auch die zweite Zeile bzw. Spalte sind ungeeignet, da sie andere Formeln enthalten könnten)

	Von-Nach	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3	Produkt 4	Produkt 5	Produkt 6	Produkt 7	Produkt 8	Produkt 9	Produkt 10	Produkt 11	Produkt 12	Produkt 13
11	Produkt 1		570	532	637	369	739	651	446	123	240	721	466	330
12	Produkt 2	570		239	593	715	574	472	422	601	365	649	340	335
13	Produkt 3	532	239		352	572	339	237	187	494	264	414	457	187
14	Produkt 4	637	593	352		375	125	214	288	480	564	91	800	474
15	Produkt 5	369	715	572	375		496	478	351	249	450	467	722	388
16	Produkt 6	739	574	339	125	496		138	320	608	585	119	800	490
17	Produkt 7	651	472	237	214	478	138		220	581	485	177	700	390
18	Produkt 8	446	422	187	288	351	320	220		367	268	366	533	180
19	Produkt 9	123	601	494	480	249	608	581	367		256	600	524	297
20	Produkt 10	240	365	264	564	450	585	485	268	256		661	262	95
21	Produkt 11	721	649	414	91	467	119	177	366	600	661		873	547
22	Produkt 12	466	340	457	800	722	800	700	533	524	262	873		357
23	Produkt 13	330	335	187	474	388	490	390	180	297	95	547	357	

Abbildung 5. Arbeitsblatt „BASIS“ mit zu wenigen Zeilen und Spalten

Abbildung 6 zeigt ein Bild des Arbeitsblattes „BASIS“ mit zu vielen Zeilen und Spalten. In der Informationszeile (Zeile 2) ist die Anzahl der erforderlichen Zeilen und Spalten rot hinterlegt, das signalisiert die Notwendigkeit zu Anpassungen. Auch können in den überflüssigen Zellen Fehlermeldungen erscheinen. Zur Anpassung löscht der Anwender die unnötige Zeilen und Spalten.

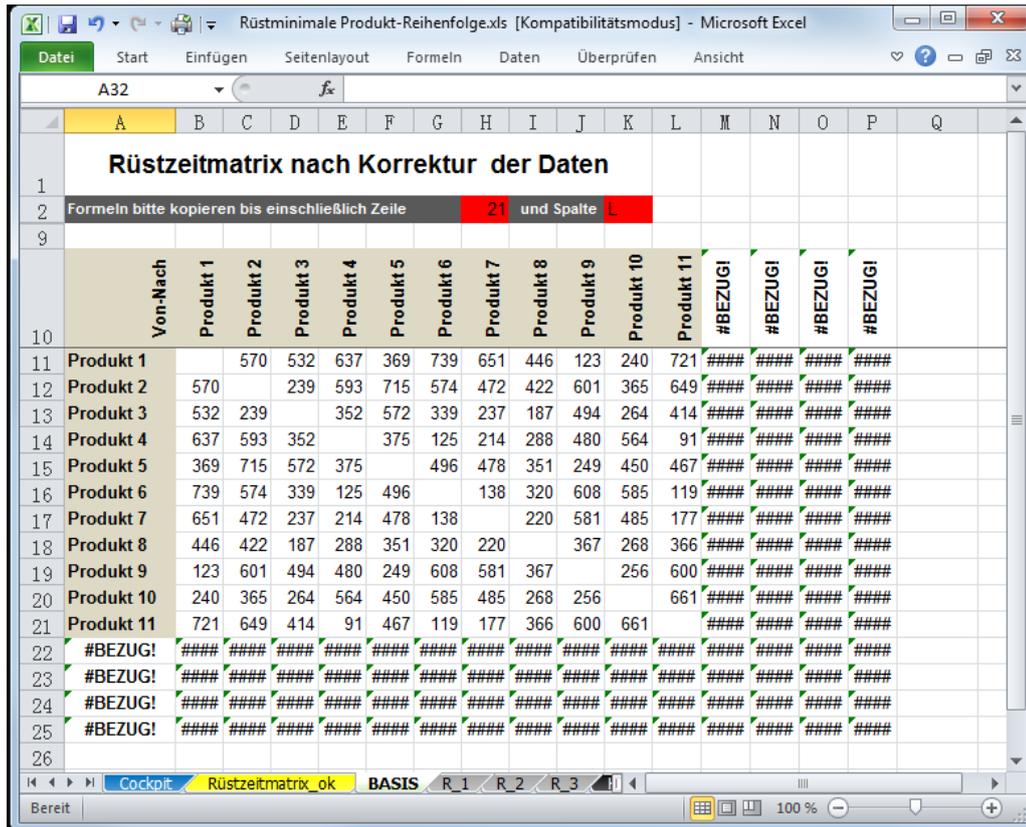


Abbildung 6. Arbeitsblatt „BASIS“ mit zu vielen Zeilen und Spalten

4.2 Anpassung der Arbeitsblätter „R_x“ und „Cockpit“

Zur Anpassung der Zeilen und Spalten in allen weiteren Arbeitsblättern öffnet der Anwender diese nacheinander, am einfachsten in Reihenfolge der Reiter. Neben dem Arbeitsblatt „BASIS“ müssen auch in folgenden Arbeitsblättern die Zeilen und Spalten angepasst werden:

R_1, R_2 und R_3

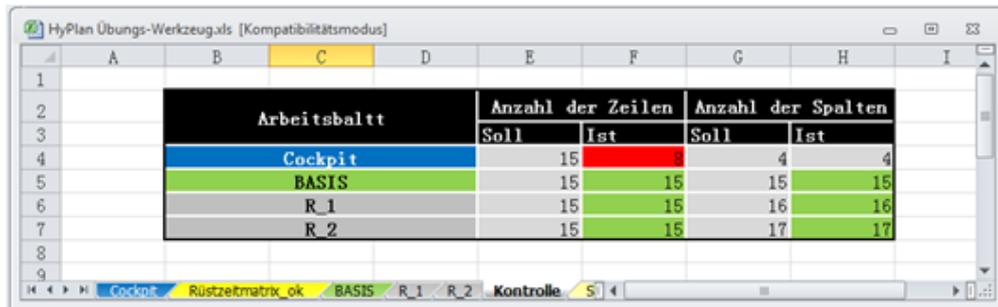
Cockpit

Das Vorgehen wurde am Beispiel des Arbeitsblatts „BASIS“ detailliert erläutert. Die Anzahl der erforderlichen Zeilen und Spalten wird vom Werkzeug ermittelt und dem Anwender jeweils in der Informationszeile (Zeile 2) angezeigt. Ist beispielsweise lediglich eine Zahl für die Zeilen vorgegeben, so brauchen die Spalten nicht angepasst zu werden.

Hinweis: Eventuelle Fehlermeldungen verschwinden, sobald alle Arbeitsblätter korrekt angepasst sind, und ein gültiges „Erstes Produkt“ im Cockpit ausgewählt wurde.

4.3 Überprüfen im Arbeitsblatt „Kontrolle“

Im Arbeitsblatt „Kontrolle“ kann auf einen Blick überprüft werden, ob die Anzahl der Zeilen und Spalten in jedem der Arbeitsblätter stimmt (dann ist die Zahl grün hinterlegt). Falls eine Zahl rot hinterlegt ist, so muss die Anzahl der Zeilen bzw. Spalten im entsprechenden Arbeitsblatt wie oben beschrieben durch Löschen oder Kopieren werden.



The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "HyPlan Übungs-Werkzeug.xls [Kompatibilitätsmodus]". The spreadsheet contains a table with the following data:

Arbeitsblatt	Anzahl der Zeilen		Anzahl der Spalten	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Cockpit	15	16	4	4
BASIS	15	15	15	15
R_1	15	15	16	16
R_2	15	15	17	17

The "Ist" value for "Cockpit" (16) is highlighted in red, indicating a discrepancy. The other "Ist" values (15, 15, 16, 17) are highlighted in green, indicating they match the "Soll" values. The spreadsheet also shows several worksheet tabs at the bottom: Cockpit, Rüstzeitmatrix_ok, BASIS, R_1, R_2, Kontrolle, and S.

Abbildung 7. Das Arbeitsblatt "Kontrolle" zeigt, ob die Zeilen und Spalten in allen Arbeitsblättern korrekt angepasst sind

5 Interpretation & Optimierung der Ergebnisse im Cockpit

Im Cockpit sind die Planungsergebnisse dargestellt. Die Liste zeigt die Reihenfolge der zugeordneten Produkte sowie die Rüstzeiten.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Zuordnung	Produkt	Rüstzeiten (min)	
		von - nach	Summe
0	Produkt 14		
1	Produkt 23	155	155
2	Produkt 12	175	330
3	Produkt 17	130	460
4	Produkt 25	58	518
5	Produkt 10	106	624
6	Produkt 13	95	719
7	Produkt 18	106	825
8	Produkt 8	135	960
9	Produkt 22	170	1130
10	Produkt 24	108	1238
11	Produkt 4	131	1369
12	Produkt 11	91	1460
13	Produkt 6	119	1579
14	Produkt 7	138	1717
15	Produkt 3	237	1954
16	Produkt 29	74	2028
17	Produkt 32	105	2133
18	Produkt 31	128	2261
19	Produkt 26	180	2441
20	Produkt 2	81	2522
21	Produkt 20	430	2952
22	Produkt 21	110	3062
23	Produkt 1	60	3122
24	Produkt 9	123	3245
25	Produkt 27	87	3332
26	Produkt 30	60	3392
27	Produkt 5	120	3512
28	Produkt 16	11	3523
29	Produkt 15	154	3677
30	Produkt 19	85	3762
31	Produkt 33	194	3956
32	Produkt 28	103	4059
33	Produkt 14	813	4872

Abbildung 8. Interpretation der Ergebnisse im Cockpit

Im Dropdown-Menü (Zeile 4) kann der Anwender auswählen, mit welchem Produkt die Rüstreihenfolge begonnen werden soll. Dazu klickt er das Drop-Down-Menü hinter „Erstes Produkt“ (im Bild steht dort der Wert „Produkt 14“) an. Direkt rechts daneben erscheint nun ein Auswahlpfeil. Bei einem Klick auf diesen Pfeil erscheint eine Liste mit allen Produkten und der Anwender kann ein anderes Anfangsprodukt auswählen.

3			
4	Repräsentatives Produkt	35535	Dropdown-Menü (Mausklick)
5	Bezeichnung	Produkt-35535	Erzeugen des Pfeils durch Klick auf die Zelle
6	Anzahl verwendeter Maschinen	2	
9			
3			
4	Repräsentatives Produkt	35535	Dropdown-Menü (Mausklick)
5	Bezeichnung	35535	Klick auf den Pfeil öffnet das Menü
6	Anzahl verwendeter Maschinen	35557	
9		37JHC	
10	Abweichende Maschinen	37JH5	ormation: Verwendete Masc
		37J13	
		33GIJ	
		33JIG	
		3DFHH	

Abbildung 9. Auswahl des „Ersten Produkts“ im Cockpit

Hinweis: Die Rüstfolgen bilden einen geschlossenen Kreis, nach dem letzten Produkt wird wieder auf das erste gerüstet. Zwar ist es bei einem geschlossenen Kreis eigentlich unerheblich, wo gestartet wird, der minimale (!) Weg ist immer gleich. Dem Werkzeug liegt allerdings ein Näherungsverfahren zugrunde, denn exakte Lösungen bewirken undurchführbare Rechenzeiten. Ein Näherungsverfahren findet normalerweise nicht die absolut beste Reihenfolge. Das Excel-Werkzeug bietet deshalb die Möglichkeit, die rüstminimale Produkt-Reihenfolge ausgehend von unterschiedlichen Ausgangs-Produkten zu ermitteln. Der Anwender kann die beste der entstehenden Rüstreihenfolgen auswählen.

Hinweis zum Download

Dieses Dokument steht zum kostenfreien Download bereit unter: www.hyplan.org. Klicken Sie im Navigationsmenü auf → Ergebnisse, dort auf →Downloads und dann auf **Download Rüstfolge Leitfaden**.