

FEHLERANALYSE UND REPARATUR EINES LACIMBALI
JUNIOR SIEBTRÄGER VOLLAUTOMATEN

ALEXANDER FEIGE, DANIEL KONSCHAKE



Projektarbeit SS2012

Messtechnik
Fakultät Maschinenbau
HS Regensburg
Juni 2012 – version 1.1

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Dokumentation wird die Fehleranalyse und Reparatur eines LaCimbali Junior Siebträger Vollautomaten beschrieben. Anfangs wird ein Überblick über die technologischen Besonderheiten dieses Maschinentyps gegeben.

Die defekte Maschine wird systematisch nach Fehlern durchsucht, anschließend demontiert und repariert. Abschließend wird die Maschine neu kalibriert und voll funktionstüchtig wieder in Betrieb genommen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Zieldefinierung des Arbeitspaketes	1
1.1.1	Aufgabenstellung	1
1.1.2	Terminplanung - Soll	2
2	TECHNOLOGIEBESCHREIBUNG DER ESPRESSOMASCHINE	3
2.1	Was sind Zweikreismaschinen?	3
2.2	Vollautomaten	4
3	FEHLERANALYSE DER MASCHINE	9
3.1	Vorwärtsfehlersuche	9
3.1.1	Verschlossene Leitungen	9
3.1.2	Defekte Füllstandsanzeige	10
3.2	Rückwärtsfehlersuche	10
3.2.1	Defekte Heizspule	11
3.2.2	Verschlossene Dichtungen	11
4	DEMONTAGE UND INSTANDSETZUNG DER MASCHINE	13
4.1	Komplette Demontage	13
4.2	Einlegen der verkalkten Bauteile in Essig-Wasser	14
4.3	Wiederinbetriebnahme	15
4.4	Elektrische Arbeiten	16
4.5	Optimierung der abgegebenen Wassermenge	16
5	DICHTUNGSTECHNIK	19
5.1	Flachdichtungen	19
5.2	O-Ringe	19
5.3	Schneidring	19
5.4	Kegelgewinde	20
6	FAZIT DER PROJEKTARBEIT	21
6.1	Erfüllung der Aufgabenstellung	21
6.2	Terminplanung - Ist	21
6.3	Kosten des Projekts	22
6.4	Ausblick für weitere Optimierungen der Maschine	23
7	APPENDIX	25
	LITERATURVERZEICHNIS	27

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Soll-Projektplanung vor Beginn des Projekts	2
Abbildung 2	Hydraulikschema der Espressomaschine.	4
Abbildung 3	Mengendosierer mit Kurzschlussensoren	5
Abbildung 4	Ablaufdiagramm des Vollautomaten	7
Abbildung 5	Auswahl defekter Teile	10
Abbildung 6	Dichtung der Füllstandsanzeige (o.) und verkalkte Dichtung zwischen Kessel und Heizspule (u.)	14
Abbildung 7	Übersicht der demontierten Teile	15
Abbildung 8	Angelötete Litzen mit hitzebeständigem Schlauch	16
Abbildung 9	Ist-Projektplanung nach Ende des Projekts	22
Abbildung 10	Plakat für NACHT.SCHAFFT.WISSEN.	26

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Kosten des Projekts	23
-----------	---------------------	----

EINLEITUNG

Warum ist die Dichtung dicht? Wieso ist die Heizspule schwarz, krumm und funktionslos? Fragen wie diesen sind wir im Rahmen der Projektarbeit im sechsten Semester des Maschinenbau- bzw. des Produktions- und Automatisierungstechnikstudiums auf den Grund gegangen. Verschiedene Arbeitspakete rund um das Thema Kaffeemaschine wurden bearbeitet. Eines davon wird in dieser Dokumentation festgehalten. Die Gliederung folgt dem chronologischen Ablauf unserer Arbeiten.

1.1 ZIELDEFINIERUNG DES ARBEITSPAKETES

Wie dem Titel der Dokumentation zu entnehmen ist, handelt es sich um eine Fehleranalyse & Reparatur an einer Espressomaschine mit folgenden technischen Daten:

MODEL: LaCimbali Junior D/1

BAUJAHR: 1992

ANSCHLUSSLEISTUNG: 1,35kW

TYP: Zweikreis

Die Maschine wurde als defekt erworben und soll im Rahmen der Projektarbeit eingehen untersucht werden. Eine genaue Zielformulierung wird in dem nächsten Abschnitt erläutert.

1.1.1 Aufgabenstellung

Ziel des Arbeitspaketes ist es die beschriebene Maschine nach Fehlern zu untersuchen und anschließend eine Reparatur durchzuführen. Da die Aufgaben stets von den gesteckten Zielen abhängig sind, wurde eine möglichst exakte Zielformulierung angestrebt. Um das Projektziel genauer zu definieren, wurde die S.M.A.R.T Zielformulierung aus dem Bereich des Projektmanagements angewandt. Die einzelnen Buchstaben schlüsseln sich wie folgt auf:

SPEZIFISCH: Vollautomatisches befüllen eines heißen Espressogetränks

MOTIVIEREND: ja

AKZEPTIERT: ja

REALISTISCH: ja

TERMINIERBAR: bis Ende KW18

Da von allen Teilnehmern dieser Gruppenarbeit die Kriterien akzeptiert werden, darf das Projektziel als S.M.A.R.T bezeichnet werden. Der Vorteil davon besteht darin, dass am Ende eines Projekts ein Vergleich der Soll- und Ist-Zustände stattfinden kann. Zu ehrgeizige oder schlichtweg unerfüllbare Ziele werden bei dieser Planungsmethode bereits bei der Zielformulierung erkannt. Ausgehend von diesem Ziel wurde eine feine Terminplanung erstellt.

1.1.2 Terminplanung - Soll

Von einem unbekanntem technischen Ausgangszustand ausgehend, soll die oben erwähnte Maschine in vier Phasen bis zur vollständigen Funktion bearbeitet werden.

1. INFORMATIONSPHASE

2. FEHLERANALYSE

3. INSTANDSETZUNG

4. DOKUMENTATION

Veranschlagt wurden sieben Wochen Bearbeitungszeit für zwei Personen a' sieben Stunden pro Woche. Dies entspricht einem Arbeitsaufkommen von ca. 100 Stunden.

Wie in der Tabelle zu sehen ist, wurden Überlappungen und Pufferzonen für jede Projektphase eingeplant. Dies soll Unwägbarkeiten besser mit einbeziehen und zeitlichen Verzug am Ende des Projekts verhindern.

Phase:		Fehleranalyse und Reparatur Cimbali Junior	Informationsphase	Fehleranalyse/ Instandsetzung	Dokumentation / Präsentation	Öffentlichkeitsarbeit Facebook	Projektorganisation	Projekt 2/ evt. Cimbali Junior Reglersystem
Monat:	KW							
März	12							
	13							
	14							
April	15							
	16							
	17							
	18							
Mai	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Juni	24							
	25							
	26							

Abbildung 1: Soll-Projektplanung vor Beginn des Projekts

Die wichtigen Erkenntnisse aus der Informationsphase bringt das nächste Kapitel näher.

TECHNOLOGIEBESCHREIBUNG DER ESPRESSOMASCHINE

Es bestehen Grundsätzlich mehrere technische Möglichkeiten der professionellen Espresso Zubereitung. Angefangen von der Manuellen- oder Kolben-Espressomaschine, bis zum Supervollautomaten mit automatischer Kaffeepulver Verdichtung.

Bei der vorliegenden Maschine handelt es sich um einen Vollautomaten mit zweikreis Hydraulik. Die Ausarbeitung beschränkt sich auf die technologischen Besonderheiten dieses Typs.

2.1 WAS SIND ZWEIKREISMASCHINEN?

Eine für uns ausreichende Definition lautet:

„Bei diesem Typ wird in einem großen Kessel (5–20 l) Wasser auf etwa 120 °C erhitzt. Weil der Kessel nur zu etwa zwei Dritteln gefüllt ist, bildet sich mit dem entstehenden Dampfdruck eine Wasserphase (unten) und eine Dampfphase (oben). Durch Leitungen lassen sich hier Tee- wasser und Dampf zum Schäumen entnehmen. In den Kessel eingelassen ist pro Gruppe ein Wärmetauscher, der nur einige hundert Milliliter Wasser fasst und durch den das Wasser der dazugehörigen Brühgruppe geleitet wird. Somit wird zum Brühen nur Frischwasser und kein Kesselwasser verwendet.“Wik [1]

Siehe hierzu Abbildung 2 des Hydraulikschema der uns vorliegenden Maschine.

Der Aufheizvorgang des Kesselwassers geschieht mittels einer Heizspirale. Da sich Druck und Temperatur proportional zueinander verhalten, wird der Einschaltzeitpunkt der Heizspirale durch eine Messung des Drucks bestimmt. Zum Einsatz kommt eine zweipunkt Regelung mit Hysterese, dessen Führungsgröße der Soll-Kesseldruck ist.

Weitere Anbauten an den Kessel sind unter anderem die beiden Ventile, die eine Entnahme von heißem Teewasser und Dampf zur Milchschaum Erzeugung ermöglichen. Sicherheitsventile (V_p , V_s) im Kessel ermöglichen bei Fehlfunktion der Heizgruppe ein kontrolliertes Absenken des Drucks, siehe hierzu Abbildung 2. Da nach der Entnahme eines Kaffeegetränks Druck am Siebträger ansteht, wird über das Ventil G ein gezielter Druckabbau in das Schmutzwasser Reservoir ermöglicht. Dies verhindert umherspritzendes Kaffeepulver beim Lösen des Siebträgers.

„Hydraulik [...] ist die Lehre vom Strömungsverhalten der Flüssigkeiten. In der Technik wird darunter die Verwendung von Flüssigkeit zur Signal-, Kraft- und Energieübertragung verstanden.“Wik [2]

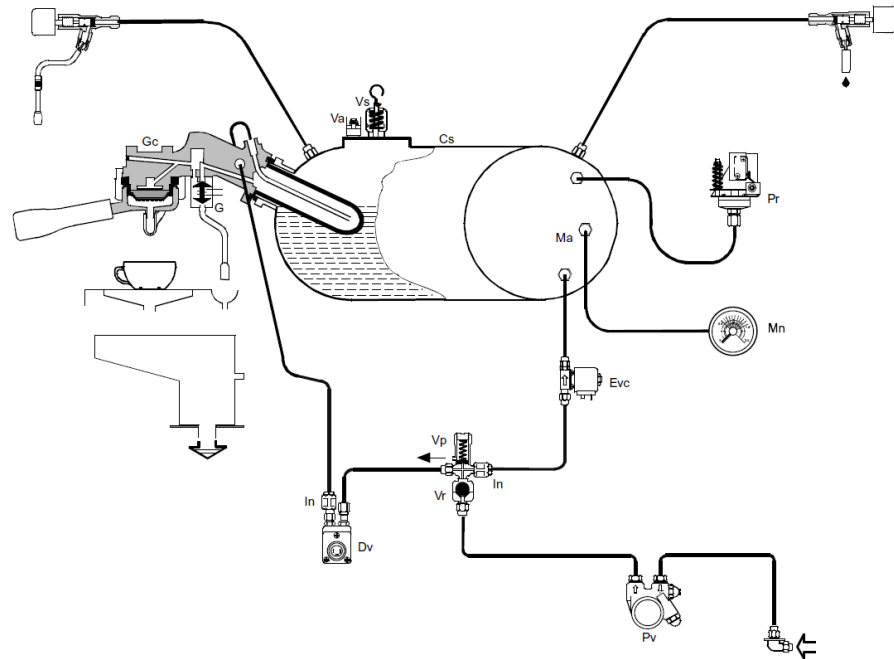


Abbildung 2: Hydraulikschema der Espressomaschine.

(Quelle: Betriebsanleitung LaCimbali Junior M21)

Legende: CS=Heizkessel, Evc=Magnetventil, G=Magnetventil Kaffeeabgabe, Gc=Abgabeeinheit Kaffeeabgabe, Mn=Manometer, Pr=Druckmesser, Pv=Pumpe, Va=Rückschlagventil, Vp=Überdruckventil, Vs=Sicherheitsventil Heizkessel, In=Injektor, Vr=Rückschlagventil, Dv=Mengendosierer

2.2 VOLLAUTOMATEN

Im Unterschied zum Halbautomaten, der nur ein manuelles An- und Abschalten der Frischwasserpumpe erlaubt, wird beim Vollautomaten die Wassermenge elektronisch gemessen und nach einer bestimmten Menge wird die Pumpe abgeschaltet. Bei der vorliegenden Maschine geschieht die Messung mittels Kurzschlussensoren.

Zur Funktion von Kurzschlussensoren, siehe auch Abbildung 3: Unterschiedlich lange Metallstäbe befinden sich in einem mit Wasser gefüllten Kunststoffgefäß. Wird Wasser abgepumpt, sinkt die Wasseroberfläche ab, bis der Stab keinen Kontakt mehr mit dem Wasser hat. Die Vorwahl des Getränks entscheidet darüber welcher Stab aktiv ist. Die maximale Füllhöhe wird ebenfalls durch einen Kurzschlussensor bestimmt. D.h., der Schalter für Frischwasser wird geschlossen oder geöffnet. Zusätzlich ist ein Überlaufventil, gleich dem Prinzip bei einer Badewanne, angebracht.

Welche Vorgänge in der Maschine ablaufen wird durch die elektronische Verschaltung vorgegeben. Es konnten zwei unabhängige Abläufe festgestellt werden. Nach Betätigung des Hauptschalters arbeitet die Logik der Heizung und des Mengendosierers parallel. Die Ab-

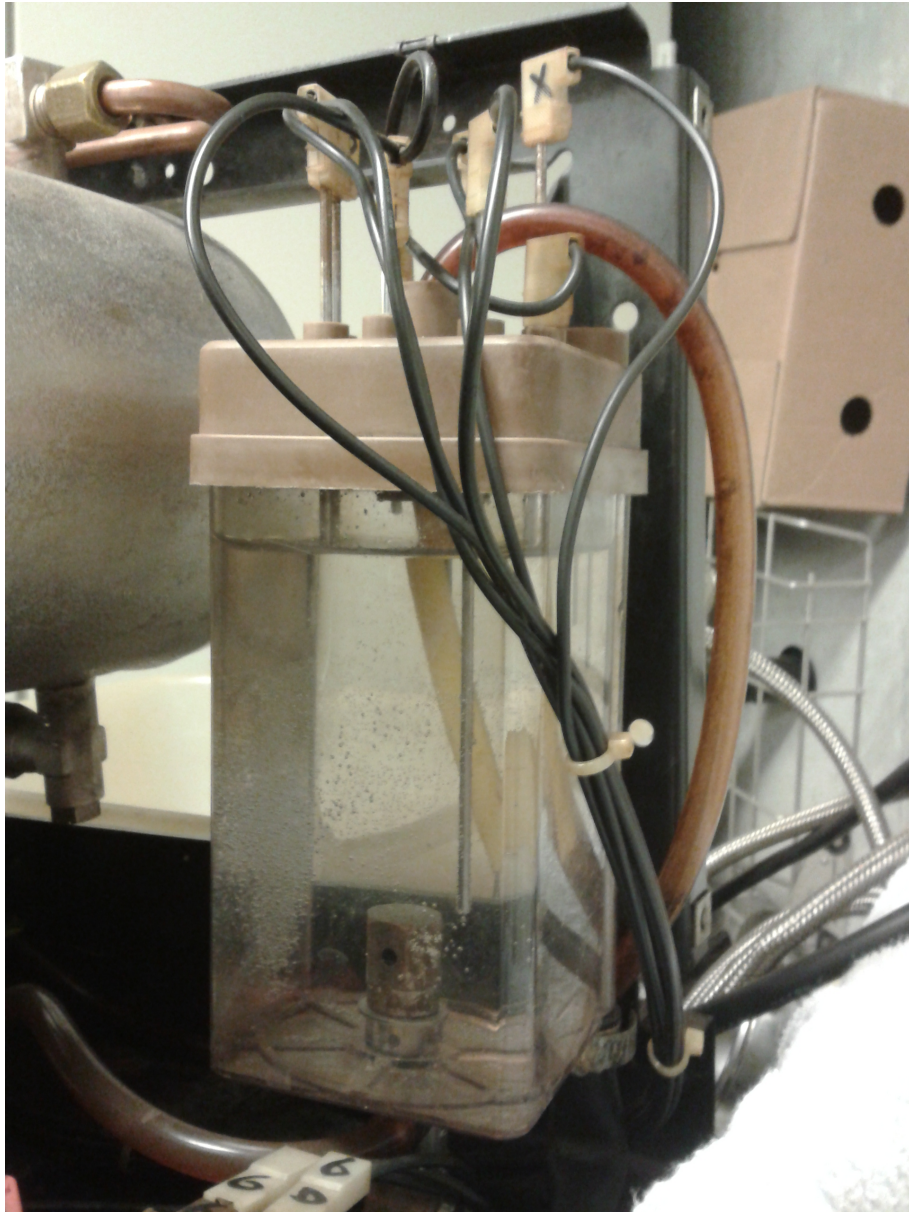


Abbildung 3: Mengendosierer mit Kurzschlussensoren

lauffolge und Zustandsabfrage der zwei Kreise werden in der Abbildung 4 erläutert. Das Ablaufdiagramm entstand nach der Reinigung und Reparatur unserer Maschine.

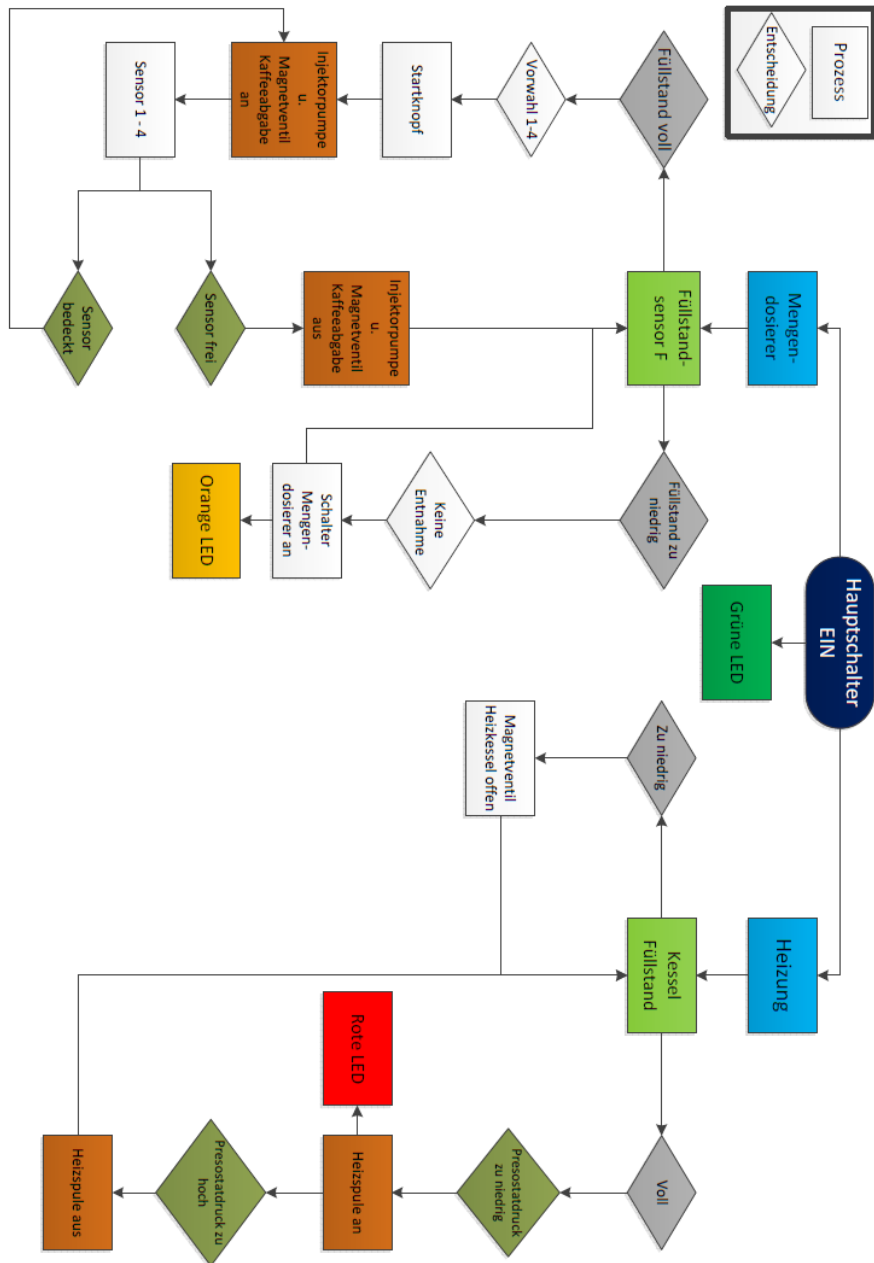


Abbildung 4: Ablaufdiagramm des Vollautomaten

Nachdem die theoretischen Grundlagen erarbeitet wurden, geht es nun darum, das Verhalten der defekten Maschine zu untersuchen.

Dazu wurde sie an das Stromnetz angeschlossen. Davor wurde die Heizspule abgesteckt, um ein Durchbrennen bei unbefülltem Kessel zu verhindern. Es zeigte sich bis auf ein Leuchten der Betriebsanzeige keine Funktion. Weder ein Füllvorgang des Tanks, noch die Entnahme eines Getränks war möglich.

Da nach Überprüfung der Kessel noch mit Wasser befüllt war, konnte die Heizspirale auf Funktion getestet werden. Hier zeigte sich nach Messung mittels Pyrometer am Kessel keine Erhöhung der Wassertemperatur.

Es geht nun darum einzugrenzen, warum es zu den Fehlfunktionen kommt.

Die Fehlersuche lässt sich grundlegend in zwei Strategien unterscheiden. Bei der Vorwärtsfehlersuche wird vom übergeordneten System zum fehlerhaften Teilsystem gesucht. Die Suche vom fehlerhaften Teilsystem zum übergeordneten System wird als Rückwärtsfehlersuche bezeichnet. (vgl. Schukajlow [5], S. 51)

3.1 VORWÄRTSFEHLERSUCHE

Die Frage, warum kein Wasser nachgefüllt wird, soll die Vorwärtsfehlersuche ausgehend vom Frischwasseranschluss lösen.

3.1.1 Verschlussene Leitungen

Bei der Untersuchung fiel auf, dass an der ersten Anschlussstelle an der Maschine eine Gummidichtung gequetscht war. Der Gummi blockierte den Zufluss des Frischwassers. Nach Beheben des Fehlers war es möglich, eine dosierte Menge an Frischwasser durch den kalten Wärmetauscher zu pumpen.

Während der Vorwärtsfehlersuche wurden weitere Kupferrohre abmontiert. Hierbei fielen die teilweise stark durch Sand und Kalt verengten Rohre auf. Um weitere Fehlerquellen durch verschlossene Rohre auszuschließen, wurde beschlossen, die komplette Maschine zu demontieren und alle Verbindungsrohre zu säubern.

Eine genaue Beschreibung des Demontage Ablaufs ist unter Kapitel 4 zu finden.

*Heizspulen niemals
ohne befüllten Kessel
betreiben! Sie
brennen schnell
durch.*

3.1.2 Defekte Füllstandsanzeige

Die Untersuchung der Rohre zeigte auch, dass die Füllstandsanzeige schon einmal nicht fachgerecht repariert wurde.

Vermutlich wurde versucht mittels Silikon die leckende Anzeige zu dichten. Warum es an dieser Stelle nicht möglich ist mit dieser „Dichttechnik“ zu arbeiten, wird im Abschnitt 4.1 der Demontage erläutert.

Abbildung 5 zeigt die ausgebaute Füllstandsanzeige mit entnommenem Schwimmer.



Abbildung 5: Auswahl defekter Teile
 Oben links: Defekte Füllstandsanzeige. Oben rechts: Sand und Ablagerungen im Kessel. Unten: Defekte und neue Heizspule

3.2 RÜCKWÄRTSFEHLERSUCHE

Bezüglich des nicht heizenden Kessels wurde ausgehend von der Heizspirale nach Fehlern gesucht. Da nach einer Messung klar wurde, dass Spannung an der Heizspirale anliegt, aber nicht geheizt wird.

3.2.1 Defekte Heizspule

Nach der Demontage der Heizspule wurde schnell ersichtlich warum kein Aufheizen zu erkennen war. Die Verformung deutet klar auf ein Trockenlaufen des Kessels bei gleichzeitigem Heizvorgang hin. Siehe Abbildung 5. Die Messung des Heizwiderstands war nicht möglich, da die Heizwendel komplett durchgebrannt ist. Bei Messung der neuen Heizspule ergab sich ein Wert von $37,6\Omega$. Der Kessel wurde im weiteren Verlauf ausgebaut und eine erhebliche Menge Sand und Kalk entfernt.

Während der Funktionstests der Heizspule wurde das defekte Betriebsanzeigeleuchtmittel erkannt. Zu Beginn der Fehleranalyse war diese noch funktionstüchtig. Sie wurde im Rahmen der Instandsetzungsarbeiten ausgetauscht. Außerdem wurde ein weiteres Leuchtmittel parallel zur Heizspule installiert, siehe Abschnitt 4.4, da im Laufe der Instandsetzungsarbeiten öfter die Frage aufkam, ob die Heizung gerade angeschaltet sei. Die Ergänzung erwies sich als äußerst komfortabel.

Die in der Einleitung aufgeworfene Frage nach der defekten Heizung ist auf trockenem Betrieb zurückzuführen.

3.2.2 Verschlissene Dichtungen

Der Ausbau der Heizwendel zeigte auch die verschlissenen Dichtungen. Die Dichtung zwischen Kessel und Heizspule war porös und nicht mehr zu gebrauchen. Sie wurde gegen eine neue Teflon Dichtung (Polytetrafluorethylen) ersetzt. Gleiches gilt für die Dichtung zwischen Kaffeeabgabereinheit und Siebträger. Einbacken von Kaffeepulverresten in die Dichtungsoberfläche erhöht den Verschleiß dieser Dichtung erheblich. Eine Auflistung verschiedener Dichtungstechnik ist Kapitel 5 zu entnehmen.

Teflon (PTFE) kann von -250°C bis 260°C eingesetzt werden. (vgl. Bartz et al. [3], S. 591)

Zusammenfassend wurden folgende zu reparierende Fehler festgestellt: Verkalkte und verschlossene Rohrleitungen, Leckende Füllstandsanzeige, defekte Heizspule, verschlissene Dichtungen und durchgebrannte Leuchtmittel.

Die Behebung dieser Fehler und die Demontage der Espresso Maschine ist Thema des nächsten Kapitels.

DEMONTAGE UND INSTANDSETZUNG DER MASCHINE

Wie in Abschnitt 3.1.1 beschrieben, wurde uns durch die verschlossenen Rohrleitungen bewusst, wie schwer Fehler im Rohrleitungssystem auszumachen und zu beseitigen sind. Weitere Fehlerquellen in der Hydraulik sollten deswegen möglichst früh erkannt und behoben werden. Als einzig akzeptable Lösung haben wir uns dazu entschlossen, die gesamte Maschine zu demontieren und zu reinigen. Die Verschiebung des Zeitplans war dadurch sicher. Später auftretende Fehler im Rohrsystem würden aber zu noch größerer terminlicher Unsicherheit führen.

Durch die Demontage der Leitungen wurde das Thema der Dichttechnik relevant. Die für uns wichtigen Aspekte dieses Themas sind in Kapitel 5 zusammengefasst.

4.1 KOMPLETTE DEMONTAGE

Sämtliche Rohrverbindungen, Magnetschalter, Blenden, Dichtungen, usw., wurden von uns demontiert und davor fotografiert. Alle Bauteile die verwechselt werden könnten wurden eindeutig beschriftet. Von Oxidation betroffene Bereiche des Gestells wurden abgeschabt. Die mit Silikon verschmierte Füllstandsanzeige wurde gereinigt, neue Dichtungen wurden besorgt. Siehe hierzu den Vergleich der neuen und alten Dichtung der Füllstandsanzeige in Abbildung 6. Hierbei wurde auch klar, wieso die Anzeige leckt.

Betrachtet man die Dichtungstechnik genauer, erkennt man, dass die Überwurfmutter die über das Schauglas gestreifte Dichtung radial zusammendrückt und in Richtung des Sockels presst. Der Gedanke der schiefen Ebene wurde hier aufgegriffen, da die Innenseite des Sockels konisch verläuft.

Der Bügel um das Schauglas nimmt die durch den Druck im Kessel entstehenden Kräfte auf. Diese versuchen, das Schauglas und den Sockel an der Dichtstelle voneinander weg zu pressen.

Bei der defekten Dichtung ist kein dicker oberer Rand mehr zu erkennen. Dieser sollte wie beschrieben zwischen Sockel und Überwurfmutter zusammengepresst werden. Ist der Druck hoch genug, wird Wasser seitlich an der defekten Dichtung vorbeigedrückt.

Die stoffschlüssige Verbindung durch den Heißkleber wäre niemals in der Lage die auftretenden Drücke abzufangen.

Ummengen an Kleber helfen an der falschen Stelle auch nichts.

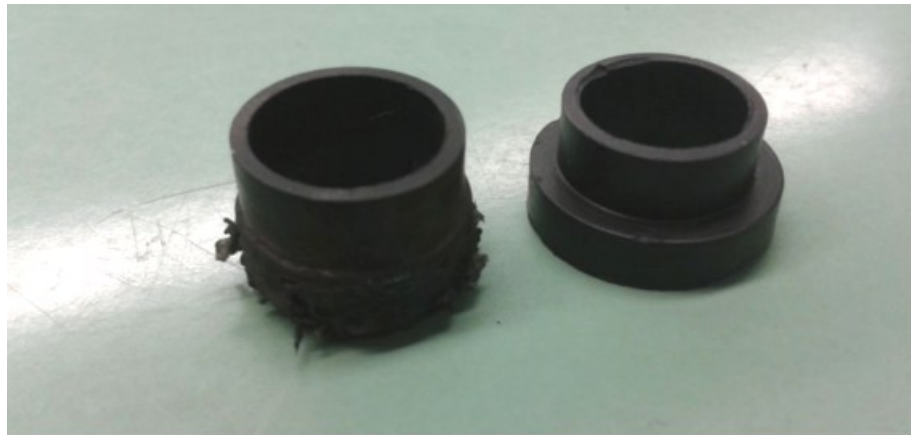


Abbildung 6: Dichtung der Füllstandsanzeige (o.) und verkalkte Dichtung zwischen Kessel und Heizspule (u.)

Alle demontierten Teile sind, in dem nach der Reinigung entstandenen Foto, in Abbildung 7 zu sehen. Wie gereinigt wurde, klärt nachfolgender Abschnitt.

4.2 EINLEGEN DER VERKALKTEN BAUTEILE IN ESSIG-WASSER

Alle mit Wasser in Kontakt kommenden Bauteile wurden für 5 Tage in eine Mischung aus Wasser mit Essigkonzentrat eingelegt. Bei diesem Verfahren mit Essig oder Zitronensäure spricht man vom „Putzen ohne Chemie“. Bei diesem chemischen Vorgang wird festes Calciumcarbonat (Kalk) durch die Säuren zu löslichen Calciumsalzen und Hydrogencarbonat bzw. Kohlenstoffdioxid umgesetzt.

Mit dem Einlegen wurden sehr gute Ergebnisse erzielt. Die Rückstände in Rohren und Kessel lösten sich komplett ab. Mit anschließendem spülen und trocknen der Leitungen, ist die Reinigung abgeschlossen.

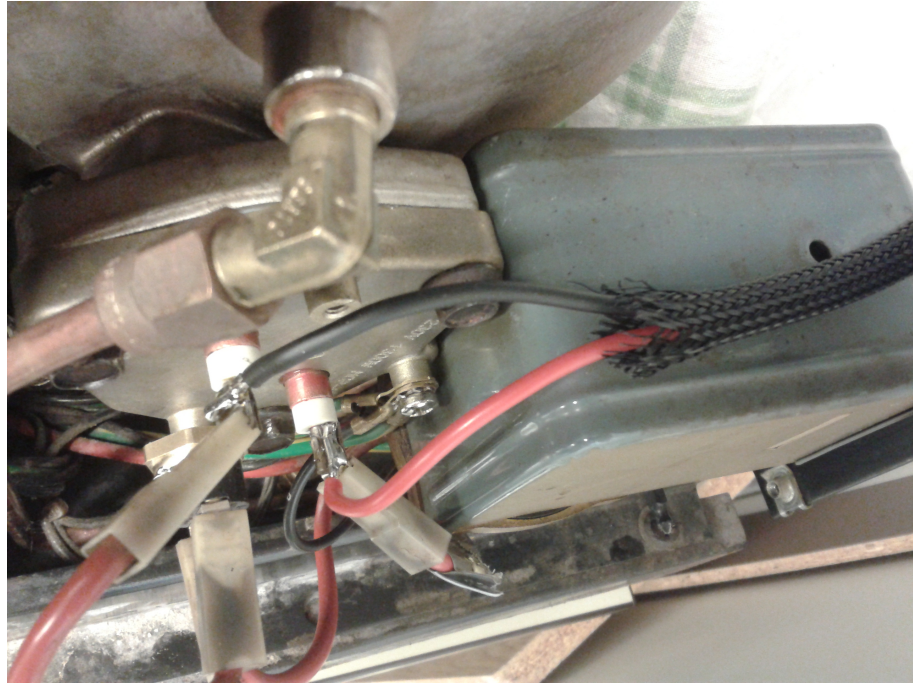


Abbildung 8: Angelötete Litzen mit hitzebeständigem Schlauch

4.4 ELEKTRISCHE ARBEITEN

Nach den letzten elektrischen Arbeiten ist unsere Maschine vollständig funktionstüchtig.

Die Maschine wurde um eine Anzeige erweitert, die ohne Spannungsmessung über den Zustand der Heizung informieren soll. Dazu wurde ein 230V AC LED Leuchtmittel parallel zur Heizung angelötet. Die Litzen wurden in einen hitzebeständigen Schutzschlauch gelegt und an die vordere Blende geführt. Ein zusätzliches Loch wurde in die Blende gebohrt, in das die LED eingesteckt werden konnte. Siehe hierzu [Abbildung 8](#).

Das Betriebsanzeige Leuchtmittel wurde ebenfalls ausgetauscht. Aus optischen Gründen wurde die dritte Leuchte auch mit ausgetauscht.

Die Maschine ist jetzt vollständig überholt worden. Alle Funktionen sind gewährleistet und alle Anzeigen funktionieren.

4.5 OPTIMIERUNG DER ABGEGEBENEN WASSERMENGE

Da ein Vollautomat die abgegebene Wassermenge selbstständig misst, mussten wir die Maschine kalibrieren. Hierzu wurde erst ohne Kaffeepulver die groben Wassermengen eingestellt.

Es gibt vier unterschiedliche Voreinstellungen: 1x Espresso (ca. 25ml Wasser), 1x Doppelter Espresso (ca. 50ml Wasser), 2x Espresso und 2x Doppelter Espresso.

Das Volumen kann über die Kurzschlussensoren bestimmt werden, wie in [Abschnitt 2.2](#) beschrieben.

Nach der groben Kalibrierung wurde der Siebträger mit Kaffeepulver befüllt, eingehängt und weitere Espressi entommen. Am Ende der Kalibrierung konnten die angestrebten Wassermengen wiederholbar entnommen werden.

Die Inbetriebnahme kann als problemlos bezeichnet werden. Bis auf das defekte Magnetventil, traten keine unerwarteten Störungen auf. Die Entscheidung zur kompletten Demontage und Reinigung führte zur zeitlichen Verschiebung des ganzen Projekts. Der Aufwand lohnte sich aber, da später auftretende Fehler in der Hydraulik einen großen Aufwand bei der Demontage mit sich bringen.

*Zusammenfassung
der Inbetriebnahme.*

Hier ein Szenario: Maschine in Betrieb, Heizung läuft, Wasser heizt sich auf, Fehler im Rohrsystem wird erkannt. Nun muss gewartet werden bis das heiße Wasser abgekühlt ist. Wasser aus Kessel ablassen. Fehler im Rohrsystem suchen und in umgekehrter Reihenfolge wieder alles von vorne.

Solche Unterbrechungen im späteren Verlauf des Projekts sind viel zu schwerwiegend. Eine Reinigung der gesamten Maschine löst hier viele Probleme.

Der zusätzlich angebrachte Leuchtmelder, der den Zustand der Heizung signalisiert, erwies sich sehr komfortabel. Er lässt den Ablauf des Gesamtsystems besser verstehen. Weitere Projekte an dieser Versuchsmaschine profitieren von dieser Installation.

DICHTUNGSTECHNIK

Um den Betrieb der Maschine ohne Leckage nach dem Zusammenbau gewährleisten zu können, musste das Gebiet der Dichtungstechnik genauer studiert werden. Nachfolgende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es werden nur die von uns angetroffenen Dichtungstechniken erläutert.

5.1 FLACHDICHTUNGEN

Bei unserer Maschine z.B. aufzufinden als „Weichstoffdichtung“ am Übergang von Kessel zur Heizspulenplatte, siehe Abbildung 6, oder als „Hartstoffdichtung“ aus Kupfer zwischen einigen Rohrverbindungen. Niemann et al. [4], S. 872f.

Meist als statische Druckdichtungen eingesetzt im Maschinenbau, werden sie zur Abdichtung von ebenen Flächen verwendet. Die Weichstoffdichtung wird meist aus Gummi oder thermoplastischen Kunststoffen hergestellt. Hartstoffdichtungen aus z.B. Kupfer oder Aluminium eignen sich für hohe Temperaturen und Drücke. (vgl. ebd)

Die Weichstoffdichtungen wurden bei unserer Maschine teilweise ausgetauscht, da sie porös waren und teils auch angerissen.

5.2 O-RINGE

Diese sich unter axialem Druck verformenden Maschinenelemente erreichen im Vergleich zu Flachdichtungen bei geringeren Anpresskräften die gleiche Flächenpressung. Formungenauigkeiten der Dichtflächen werden eher ausgeglichen. Aufgrund der Eigenschaften werden sie häufig als statische Dichtung im Maschinenbau eingesetzt. Dementsprechend kostengünstig sind sie zu erwerben. Sie werden bei Drücken bis 1000 bar eingesetzt. Einsatzgebiete sind die Abdichtung von Flanschen, Deckeln, Bolzen usw. (vgl. ebd)

5.3 SCHNEIDRING

Diese Dichttechnik ist zwischen Teewasserventil und nachfolgendem Rohr zu finden. Die genaue Funktion wird beschrieben:

„Die Wirkung dieser Verschraubung besteht darin, daß beim Anziehen der Überwurfmutter der mit einer Schneidkante versehene Schneidring in den Innenkonus des Schraubstutzens gepreßt wird. Hierbei verjüngt sich der Schnei-

dring an seinem vorderen Teil und schneidet sich in das feststehende Rohrende ein, so daß dieses fest und dicht im Schraubenstutzen gehalten wird." Wossog [6], S. 243.

Nach dem Lösen und erneutem festschrauben dieser Verbindung ist keine Leckage zu erwarten.

5.4 KEGELGEWINDE

Eingesetzt als Gewinde für Rohre und Armaturen. Mit einer Kombination aus einem kegeligen Außengewinde (Kegel 1:16) und zylindrischem Innengewinde. Beides als Feingewinde nach DIN 158. Ab 26mm Nenndurchmesser wird empfohlen, ein Dichtmittel einzubringen. (vgl. Niemann et al. [4], S. 398-401)

Da bei der uns vorliegenden Maschine keine Nenndurchmesser über 26mm verwendet werden, ist ein zusätzliches Abichten nicht notwendig. Wird trotzdem zusätzlich ein Dichtmittel eingesetzt, z.B. ein Abdichtband, kann dies zur Leckage führen.

Werden die gleichen Gegenstücke verwendet wie vor der Demontage, ist keine Leckage zu erwarten.

Zusammenfassung Dichttechnik

Das Gebiet der Dichtungstechnik ist sehr weitreichend. Jedes Dichtungsproblem verlangt nach einer spezifischen Lösung. Für weitere Informationen sei auf Niemann et al. [4] und Wossog [6] mit ausführlichen Abbildungen zum Thema verwiesen.

Als Negativbeispiel sei hier nochmals auf die Heißkleberlösung an der Füllstandsanzeige hingewiesen.

FAZIT DER PROJEKTARBEIT

Abschließend folgt eine Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Ziele. Die zu Beginn der Dokumentation erwähnten Projektmanagement Methoden werden nochmals angewandt.

6.1 ERFÜLLUNG DER AUFGABENSTELLUNG

Die in der Einleitung erwähnte S.M.A.R.T Zielformulierung wird auf ihren Erfüllungsgrad geprüft:

SPEZIFISCH: Das vollautomatische Befüllen eines heißen Espressogetränks ist nach der Reparatur nun möglich. Die Maschine ist voll funktionsfähig. Somit sind alle Anforderungen erfüllt worden.

Alle gesteckten Ziele wurden erreicht.

MOTIVIEREND: Die in vielen Projekten aufkommende Tiefphase bemerkten wir nicht. Die Arbeit an der Maschine war stets interessant.

AKZEPTIERT: Da alle Beteiligten die Ziele akzeptierten, waren alle um den Fortschritt der Arbeit bedacht.

REALISTISCH: Die gesteckten Ziele waren nicht zu hoch. Dies zeigt die Tatsache, dass alle vorher festgelegten Ziele erfüllt wurden.

TERMINIERBAR: Geplant war KW 18 als letzte Arbeitswoche. Vollständig abgeschlossen wurde das Projekt erst in KW 24. Die Begründung für diesen Verzug liefert der Abschnitt 6.2, Terminplanung.

6.2 TERMINPLANUNG - IST

Die von uns geplante letzte Arbeitswoche KW 18 konnte nicht eingehalten werden. Die Verschiebung des Endtermins um 6 Wochen ergibt sich wie folgt:

INFORMATIONSPHASE: Die angenommenen 2 Wochen für die Grundlageninformationsbeschaffung waren im Umfang ausreichend geplant. Da wir uns, wie in Kapitel 4 beschrieben, dazu entschieden haben eine komplette Demontage vorzunehmen, musste das Thema Dichtungstechnik hinterfragt werden. Deswegen weitere 2 Wochen an Information in der Mitte des Projekts. Gegen Ende des Projekts trat eine weitere Informationsphase auf. Hier wurden die Techniken der Dokumentation studiert.

Phase:		Fehleranalyse und Reparatur Cimbali Junior		Informationsphase	Fehleranalyse/ Instandsetzung	Dokumentation/ Präsentation	Öffentlichkeitsarbeit Facebook	Projektorganisation
Monat:	KW	Soll	Ist					
März	12							
	13							
	14							
April	15							
	16							
	17							
	18							
Mai	19							
	20							
	21							
	22							
Juni	23							
	24							
	25							
	26							

Abbildung 9: Ist-Projektplanung nach Ende des Projekts

Es lässt sich schlussfolgern, dass mit jedem hinzugekommenen Thema eine weitere Informationsphase nötig war. (+2 Wochen)

FEHLERANALYSE/INSTANDSETZUNG: Die komplette Demontage mit Reinigung verzögerte den Endtermin um 2 Wochen. Durch die Ersatzteilbeschaffung traten kleinere Wartezeiten auf. Die neu hinzugekommenen elektrischen Arbeiten benötigten eine weitere Woche.

Die Demontage und Reinigung mussten durchgeführt werden. Nur so kann ein langfristiger Betrieb der Maschine, ohne Probleme im Bereich der Hydraulik, gewährleistet werden. (+3 Wochen)

DOKUMENTATION/PRÄSENTATION: Die Dokumentation wurde um das Thema der Dichtungstechnik und der elektrischen Arbeiten erweitert. (+1 Woche)

*Zusammenfassung
Therminplanung*

Ohne die zusätzlichen Themen wäre der geplante Arbeitsumfang passend gewählt worden. Die hinzugekommenen Themen verhinderten ein zweites Projekt. Da alle gesteckten Ziele erreicht wurden, sehen wir dieses Projekt als durchgehend gelungen an.

Insgesamt wurden über 200 Stunden Arbeitszeit in das Projekt gesteckt. Hierbei sind die Stunden für Öffentlichkeitsarbeit und Projektorganisation noch nicht eingerechnet.

6.3 KOSTEN DES PROJEKTS

*Die Gesamtkosten
belaufen sich auf
156,00 €.*

Die angefallenen Kosten sind der Tabelle 1 zu entnehmen:

ARTIKEL	ANZAHL	KOSTEN
Manometer	1	34,00 €
Gruppenservice Kit (Gummidichtung + Sieb)	1	8,00 €
Magnetventil	1	50,00 €
Heizung	1	48,00 €
Teflondichtung	1	1,80 €
Wasserstandsglasdichtung	2	2,20 €
LED	3	9,00 €
Schrumpfschlauch	1	3,00 €
Summe		156,00 €

Tabelle 1: Kosten des Projekts

6.4 AUSBLICK FÜR WEITERE OPTIMIERUNGEN DER MASCHINE

Die Regelung der Temperatur des Kesselwassers mit PID-Regler wäre eine weitere Ausbaustufe dieser Maschine. Die Schwankung der Wassertemperatur um den Sollwert könnte so deutlich reduziert werden. Ein Aufbau mit Oberflächentemperaturfühler am Kessel wäre mit geringem Aufwand möglich. Denkbar wäre der Einsatz von LabView oder alternativ, eine standalone Lösung.

In Reihe zum Pressostaten angebracht, während ein sicherer Betrieb garantiert. Dieser würde bei zu hohem Druck den Aufheizvorgang unterbrechen.

PID-Regler Einsatz wäre denkbar.

APPENDIX

Im Rahmen der beiden Veranstaltungen NACHT.SCHAFFT.WISSEN.¹ und GIRLSDAY² wurde nachfolgendes Plakat erstellt. Es beschreibt die grundlegende Funktion einer Zweikreis-Espressomaschine und zeigt Bilder die während der Demontage entstanden sind. Dem fachfremden Publikum konnte auf diese Weise vermittelt werden, dass die Espresso Zubereitung für die anspruchsvollste Methode im Bereich der Kaffeeextraktion steht.

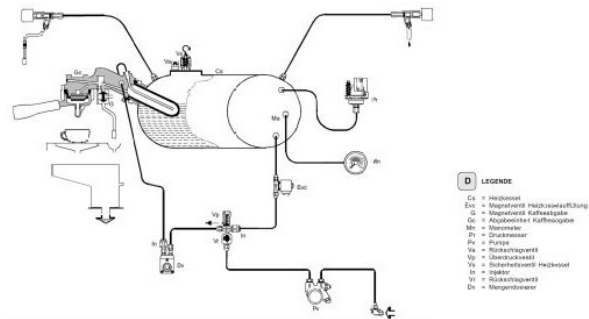
¹ Mehr Informationen unter: <http://www.nacht-schafft-wissen.de/>

² Mehr Informationen unter: <http://www.girls-day.de/>

FEHLERANALYSE & REPARATUR

AUFGABENSTELLUNG:
EIGENSTÄNDIGE FEHLERSUCHE UND
REPARATUR EINER ESPRESSOMASCHINE.

HERAUSFORDERUNG:
TECHNOLOGIE VERSTEHEN UND
GEZIELTE FEHLERSUCHE



MODEL: LACIMBALI JUNIOR D/1
BAUJAHR: 1992
ANSCHLUSSLEISTUNG: 1,35 kW
DRUCK: 1,8 BAR
TYP: ZWEIKREIS



Abbildung 10: Plakat für NACHT.SCHAFFT.WISSEN.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] . URL <http://de.wikipedia.org/wiki/Esspressomaschine>. Abrufdatum: 20.04.12. (Zitiert auf Seite 3.)
- [2] . URL <http://de.wikipedia.org/wiki/Hydraulik>. Abrufdatum: 30.05.12. (Zitiert auf Seite 3.)
- [3] Wilfried J. Bartz, Uwe J. Möller, and Günter Springer. *Expert Praxislexikon Tribologie Plus - 2010 Begriffe für Studium und Beruf*. expert verlag, Renningen, 2000. ISBN 978-3-816-90691-9. (Zitiert auf Seite 11.)
- [4] G. Niemann, H. Winter, and Bernd-Robert Höhn. *Maschinenelemente - Band 1: Konstruktion Und Berechnung Von Verbindungen, Lagern, Wellen*. Gabler Wissenschaftsverlage, Wiesbaden, 4. bearb. aufl. edition, 2005. ISBN 978-3-540-25125-5. (Zitiert auf Seite 19 und 20.)
- [5] Stanislaw Schukajlow. *Mathematisches Modellieren - Schwierigkeiten und Strategien von Lernenden als Bausteine einer lernprozessorientierten Didaktik der neuen Aufgabenkultur*. Waxmann Verlag, Münster, 2011. ISBN 978-3-830-92441-8. (Zitiert auf Seite 9.)
- [6] Günter Wossog. *Handbuch Rohrleitungsbau, Band I - Planung, Herstellung, Errichtung*. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 3. auflage. edition, 2008. ISBN 978-3-802-72745-0. (Zitiert auf Seite 20.)