
Intelligente Technische Systeme – Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL

Reihe herausgegeben von
it's OWL Clustermanagement GmbH
Paderborn, Deutschland

Im Technologie-Netzwerk Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (kurz: it's OWL) haben sich rund 200 Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Organisationen zusammengeschlossen, um gemeinsam den Innovationssprung von der Mechatronik zu intelligenten technischen Systemen zu gestalten. Gemeinsam entwickeln sie Ansätze und Technologien für intelligente Produkte und Produktionsverfahren, Smart Services und die Arbeitswelt der Zukunft. Das Spektrum reicht dabei von Automatisierungs- und Antriebslösungen über Maschinen, Fahrzeuge, Automaten und Hausgeräte bis zu vernetzten Produktionsanlagen und Plattformen. Dadurch entsteht eine einzigartige Technologieplattform, mit der Unternehmen die Zuverlässigkeit, Ressourceneffizienz und Benutzungsfreundlichkeit ihrer Produkte und Produktionssysteme steigern und Potenziale der digitalen Transformation erschließen können.

In the technology network Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe (short: it's OWL) around 200 companies, universities, research institutions and organisations have joined forces to jointly shape the innovative leap from mechatronics to intelligent technical systems. Together they develop approaches and technologies for intelligent products and production processes, smart services and the working world of the future. The spectrum ranges from automation and drive solutions to machines, vehicles, automats and household appliances to networked production plants and platforms. This creates a unique technology platform that enables companies to increase the reliability, resource efficiency and user-friendliness of their products and production systems and tap the potential of digital transformation.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/15146>

Karl Stephan Stille

Energiemanagement von Haushaltsgroßgeräten

Intelligente Lastverschiebung
mit Lastspitzenvermeidung

Geleitwort

Unter dem Motto „Deutschlands Spitzencluster - Mehr Innovation. Mehr Wachstum. Mehr Beschäftigung“ startete das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2007 den Spitzencluster-Wettbewerb. Ziel des Wettbewerbs war, die leistungsfähigsten Cluster auf dem Weg in die internationale Spitzengruppe zu unterstützen. Durch die Förderung der strategischen Weiterentwicklung exzellenter Cluster soll die Umsetzung regionaler Innovationspotenziale in dauerhafte Wertschöpfung gestärkt werden.

In den Spitzenclustern arbeiten Wissenschaft und Wirtschaft eng zusammen, um Forschungsergebnisse möglichst schnell in die Praxis umzusetzen. Die Cluster leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Forschungs- und Innovationsstrategie der Bundesregierung. Dadurch sollen Wachstum und Arbeitsplätze gesichert bzw. geschaffen und der Innovationsstandort Deutschland attraktiver gemacht werden.

Bis 2012 wurden in drei Runden 15 Spitzencluster ausgewählt, die jeweils über fünf Jahre mit bis zu 40 Mio. Euro gefördert werden. Der Cluster Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe – kurz it's OWL wurde in der dritten Wettbewerbsrunde im Januar 2012 als Spitzencluster ausgezeichnet. Seitdem hat sich der Spitzencluster it's OWL zum Ziel gesetzt, die intelligenten technischen Systeme der Zukunft zu entwickeln. Gemeint sind hier Produkte und Prozesse, die sich der Umgebung und den Wünschen der Benutzer anpassen, Ressourcen sparen sowie intuitiv zu bedienen und verlässlich sind. Für die Unternehmen des Maschinenbaus, der Elektro- und Energietechnik sowie für die Elektronik- und Automobilzulieferindustrie können die intelligenten technischen Systeme den Schlüssel zu den Märkten von morgen darstellen.

Auf einer starken Basis im Bereich mechatronischer Systeme beabsichtigt it's OWL, im Zusammenspiel von Informatik und Ingenieurwissenschaften den Sprung zu Intelligenten Technischen Systemen zu realisieren. It's OWL sieht sich folglich als Wegbereiter für die Evolution der Zusammenarbeit beider Disziplinen hin zur sogenannten vierten industriellen Revolution oder Industrie 4.0. Durch die Teilnahme an it's OWL stärken die Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit und bauen ihre Spitzenposition auf den internationalen Märkten aus. Der Cluster leistet ebenfalls wichtige Beiträge zur Erhöhung der Attraktivität der Region OstWestfalen-Lippe für Fach- und Führungskräfte sowie zur nachhaltigen Sicherung von Wertschöpfung und Beschäftigung.

Mehr als 180 Clusterpartner – Unternehmen, Hochschulen, Kompetenzzentren, Brancheninitiativen und wirtschaftsnahe Organisationen – arbeiten in 47 Projekten mit einem Gesamtvolumen von ca. 90 Mio. Euro zusammen, um intelligen-

te Produkte und Produktionssysteme zu erarbeiten. Das Spektrum reicht von Automatisierungs- und Antriebslösungen über Maschinen, Automaten, Fahrzeuge und Haushaltsgeräte bis zu vernetzten Produktionsanlagen und Smart Grids. Die gesamte Clusterstrategie wird durch Projekte operationalisiert. Drei Projekttypen wurden definiert: Querschnitts- und Innovationsprojekte sowie Nachhaltigkeitsmaßnahmen. Grundlagenorientierte Querschnittsprojekte schaffen eine Technologieplattform für die Entwicklung von intelligenten technischen Systemen und stellen diese für den Einsatz in Innovationsprojekten, für den Know-how-Transfer im Spitzencluster und darüber hinaus zur Verfügung. Innovationsprojekte bringen Unternehmen in Kooperation mit Forschungseinrichtungen zusammen zur Entwicklung neuer Produkte und Technologien, sei als Teilsysteme, Systeme oder vernetzte Systeme, in den drei globalen Zielmärkten Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Energietechnik. Nachhaltigkeitsmaßnahmen erzeugen Entwicklungsdynamik über den Förderzeitraum hinaus und sichern Wettbewerbsfähigkeit.

Interdisziplinäre Projekte mit ausgeprägtem Demonstrationscharakter haben sich als wertvolles Element in der Clusterstrategie erwiesen, um Innovationen im Bereich der intelligenten technischen Systeme produktionsnah und nachhaltig voranzutreiben. Die ersten Früchte der engagierten Zusammenarbeit werden im vorliegenden Bericht der breiten Öffentlichkeit als Beitrag zur Erhöhung der Breitenwirkung vorgestellt. Den Partnern wünschen wir viel Erfolg bei der Konsolidierung der zahlreichen Verwertungsmöglichkeiten für die im Projekt erzielten Ergebnisse sowie eine weiterhin erfolgreiche Zusammenarbeit in its OWL.

Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
+ Dipl.-Des. Christiane Peters

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik der Universität Paderborn im Rahmen des Innovationsprojekts “Energiemanagement im SmartGrid am Beispiel eines Waschtrockners” (EMWaTro) des Spitzenclusters “Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe” (it’s OWL).

Ich möchte an dieser Stelle den zahlreichen Menschen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Nennen möchte ich zunächst Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker, den Leiter des Fachgebiets, der es mir ermöglicht hat, diese Arbeit anzufertigen und der sie betreut hat. Auch Prof. Willem Cronje danke ich für die Übernahme des Koreferats.

Meinen Fachgebietskollegen danke ich für die gute Zusammenarbeit, die stete Hilfsbereitschaft und das hervorragende Arbeitsklima. Besonderer Dank gilt Thorsten Vogt M. Sc., Daniel Weber M. Sc., Lukas Keuck M. Sc., Dipl.-Ing. Alexander Peters und Dr.-Ing. Norbert Fröhleke für den häufigen fachlichen Austausch und die Anregungen zu dieser Arbeit.

Außerdem danke ich Dr. Dominik Steenken, der mir während der Zusammenarbeit im Sonderforschungsbereich SFB 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ die Pareto-Optimierung verständlich gemacht hat.

Von Seiten des Projektpartners Miele&Cie. KG danke ich Ralf Bettentrup M. Sc. und Dr.-Ing. Ingo Kaiser für die gute Zusammenarbeit und die intensiven Diskussionen, insbesondere bei der Konzeption und den Ergebnissen.

Meinem Vater danke ich für das Wecken des Interesses an technischen Zusammenhängen und die dadurch geschaffenen Grundlagen für Studium und Promotion.

Der größte Dank gilt aber meiner Frau Małgorzata und meiner Tochter Liliana, die mich auf meinem Weg und bei meinen Entscheidungen stets unterstützt haben und die mir in der Schlussphase dieser Dissertation den Rücken gestärkt haben. Sie haben somit maßgeblich zum erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit beigetragen.

Und zu guter Letzt danke ich der NordWestBahn für die gute Arbeitsatmosphäre, in der insbesondere die Verschriftlichung dieser Arbeit entstanden ist.

Bielefeld, Juni 2018

Karl Stephan Stille

Kurzfassung und Abstract

Kurzfassung

Mit dem im Rahmen der Energiewende zunehmenden Ersatz konventioneller Kraftwerke durch regenerative Stromerzeugung nimmt die Regelbarkeit der erzeugten Leistung immer weiter ab. Im Stromnetz muss aber zu jedem Zeitpunkt die Leistungsbilanz eingehalten werden, Erzeugung und Last müssen sich also immer die Waage halten. Als Ergänzung zur kostspieligen Speicherung der Energie, z.B. in Batterie- oder Pumpspeichern, bietet sich das Lastmanagement an, um Lasten, die zeitlich eine gewisse Flexibilität aufweisen, an die Erzeugung anzupassen. In dieser Arbeit wird ein Konzept und die Algorithmenentwicklung für ein hierarchisch organisiertes Lastmanagement behandelt. Die Hierarchieebenen sind dabei das Gerät, der Haushalt und das Ortsnetz.

Dabei wird ein anreizbasiertes Lastmanagement über einen variablen, 24 h im Voraus bekannten Stromtarif verfolgt, der die Grundlage für eine Lastplanung bietet. Während auf den unteren Hierarchieebenen das primäre Ziel ist, die Kosten zu minimieren, also die Lasten dann zu betreiben, wenn das Energieangebot groß ist, ändert sich die Zielpriorität mit steigender Hierarchieebene hin zur Lastspitzenvermeidung. Ohne dieses zweite Ziel wäre das Ergebnis der vielen Optimierungsprozesse jeweils identisch und es träte eine hohe Lastspitze zum Zeitpunkt mit dem niedrigsten Strompreis auf.

Es wird gezeigt, wie die hierarchische Mehrzieloptimierung zu einer deutlichen Lastverschiebung hin zu Zeiten mit geringen Kosten für den Energiebezug führt, und gleichzeitig eine sehr gute Vergleichmäßigung der Last in diesem Bereich stattfindet. Die zusätzlichen Kosten durch den Gerätebetrieb außerhalb der Kostenminima verteilen sich dabei verbrauchsbezogen gleichmäßig auf die beteiligten Haushalte.

Abstract

Due to the energy transition and the ongoing replacement of conventional power plants by regenerative energy sources the controllability of generation decreases. However, the power balance on the grid must be kept at all times, generation must equal the instantaneous consumption. In addition to the expensive storage of the energy in devices like batteries or pump storages, a load management helps synchronising loads, which have a certain flexibility potential, to the actual generation. This thesis treats the development of a concept and the necessary algorithms for a hierarchically organized load management. The hierarchical levels are the appliance, the household and the local grid.

To achieve this, an indirect load response technique is used, based on variable electricity tariffs published one day ahead, which provides a basis for load planning. On the lower hierarchical levels the primary objective is to minimize the total cost, which is to operate the appliances when electricity generation is high. On the higher hierarchical levels the prioritization of objectives shifts over to the prevention of peak loads. Without this second objective many of the optimization processes would generate identical results and a high load peak would occur in the moment of least electricity price.

It is shown how the hierarchical multi-objective optimization shifts the power consumption towards times of low energy prices while providing a very good load equalization in this time range. The additional cost that occurs due to the operation of the appliances outside the cost optimum is fairly distributed over the involved households.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung und Abstract	IX
Nomenklatur	XV
Abkürzungen	XV
Formelzeichen	XVII
Indizes und Variablentypen	XIX
1 Einleitung	1
Literaturverzeichnis	2
2 Motivation	3
2.1 Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	3
2.2 Entwicklung der Energiekosten	5
2.3 Anteil der Haushalte am Stromverbrauch	8
2.4 Netzstabilität	8
2.4.1 Zuverlässigkeit der Stromversorgung in Deutschland	8
2.4.2 Systemdienstleistungen	9
2.5 Aufwand und Kundenakzeptanz	15
2.6 Zusammenfassung	16
Literaturverzeichnis	17
3 Methoden der dezentralen Lastoptimierung	21
3.1 Strukturelle Unterschiede in der Laststeuerung	22
3.2 Lokale Optimierung	23
3.2.1 Lastoptimierung basierend auf der Netzfrequenz	23
3.2.2 Lokale Lastoptimierung basierend auf variablen Tarifen .	24
3.2.3 Nachteile lokaler Optimierung	24
3.3 Vernetzte Optimierung	25
3.3.1 Dezentrale Ansätze ohne zentrale Instanz	25
3.3.2 Hierarchische Ansätze	25
3.4 Lastspitzen durch Gleichzeitigkeitseffekte	27
3.5 Feldversuche	27
3.6 Zusammenfassung	28
Literaturverzeichnis	29

4	Stromtarife	39
4.1	Erzeugungspreis und Börsenhandel	39
4.1.1	Day-Ahead-Auktion	40
4.1.2	Intraday-Handel	42
4.2	Aktuell verfügbare zeitvariable Tarife für Privatkunden	43
4.2.1	Tarife in Deutschland	43
4.2.2	Tarife im Ausland	45
4.3	Ausrüstung von Privathaushalten mit Intelligenten Messsystemen (Roll-Out)	48
4.4	Bilanzierung von Haushalten durch Standard-Lastprofile	50
4.5	Szenarien für flexible Strompreise	51
4.6	Eigenerzeugung	54
4.6.1	Einspeisevergütung	54
4.6.2	Tarif für Netzbezug	57
4.6.3	Autarkiequote	57
4.6.4	Berechnung des effektiven Gesamttarifs	60
4.6.5	Berücksichtigung der Leistung nicht steuerbarer Geräte ..	60
	Literaturverzeichnis	61
5	Haushaltsgeräte im Smart Grid	67
5.1	Flexibilitäten von Haushaltsgeräten	67
5.2	Modellierung des Benutzerverhaltens	71
	Literaturverzeichnis	74
6	Lastoptimierung	77
6.1	Struktur des Energiemanagements	77
6.2	Optimierungsziele	79
6.3	Optimierung auf Geräteebene	79
6.3.1	Abstraktion der Programmabläufe von Haushaltsgeräten	80
6.3.2	Funktionen des Geräte-Energiemanagement-Systems	82
6.3.3	Implementierung der Optimierung	85
6.4	Optimierung auf Haushaltsebene	94
6.4.1	Funktionen des Haushalts-Energiemanagement-Systems ..	94
6.4.2	Eingangsdaten der Optimierung auf Haushaltsebene	94
6.4.3	Optimierungsstrategie	96
6.4.4	Komplexität des Optimierungsproblems	99
6.4.5	Reduktionsgrad der Vorauswahl	101
6.4.6	Simplex Vorauswahl	103
6.4.7	Optimierung der ausgewählten Untermenge	107
6.4.8	Lösungen im Bildraum	109
6.5	Optimierung auf Ortsnetzebene	109
6.5.1	Eingangsdaten der Optimierung	110
6.5.2	Optimierungsziele	110
6.5.3	Komplexität des Optimierungsproblems	112
6.5.4	Optimierungsstrategie	113
6.5.5	Algorithmus	114

6.6	Notwendige Optimierungshardware	117
6.7	Zusammenfassung	118
	Literaturverzeichnis	118
7	Simulation	121
7.1	Simulationsumgebung	121
7.1.1	Software-Auswahl	121
7.1.2	Struktur	122
7.1.3	Simulationsszenario	123
7.2	Simulationsergebnisse	125
7.2.1	Einsparungen durch Lastoptimierung und Mehrkosten durch Vergleichmäßigung	125
7.2.2	Einfluss der Angebotsanzahl	130
7.2.3	Reaktion auf Preissignal und Lastspitzenbildung	132
7.2.4	Verteilung von Ersparnis und Zusatzkosten auf die angeschlossenen Haushalte	133
	Literaturverzeichnis	135
8	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick	137
Glossar	139
	Literaturverzeichnis	142
Verzeichnisse	145
	Abbildungsverzeichnis	145
	Tabellenverzeichnis	149
	Verzeichnis eigener wissenschaftlicher Publikationen	149
Förderhinweis	153

Nomenklatur

Abkürzungen

BEMI	Bidirektionales Energiemanagementinterface
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie
DR	Demand-Response
DSM	Demand-Side-Management
EDF	Electricité de France
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEX	European Energy Exchange
EMS	Energiemanagement-System
Entso-E	Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (European Network of Transmission System Operators for Electricity)

EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EPEX SPOT	European Power Exchange Spot Market
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GEMS	Geräte-Energiemanagement-System
HEMS	Haushalts-Energiemanagement-System
IMS	Intelligentes Messsystem
KET	Kompetenzzentrum für nachhaltige Energietechnik
LEA	Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik der Universität Paderborn
MRL	Minutenreserveleistung
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
NRV	Netzregelverbund
OEMS	Ortsnetz-Energiemanagement-System
PV	Photovoltaik, Sonnenenergienutzung
RLM	Registrierende Leistungsmessung
RTP	Real Time Pricing
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SG	Smart Grid
SRL	Sekundärregelleistung
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber

Formelzeichen

\mathbb{B}	Menge der Pausendefinitionen
D	Diskrete Zeitspanne
d	Diskreter Zeitpunkt
d_{Ende}	Diskreter Zeitpunkt des Prozessendes
$\Delta \mathcal{C}(T)$	Relative Zusatzkosten durch die Lastkoordinierung
d_{Frist}	Diskreter Zeitpunkt der Fristsetzung
D_p	Diskrete Zeitdauer des Programmteils p
d_{Start}	Diskreter Zeitpunkt des Prozessstarts
\mathcal{C}	Kosten (in €)
\mathbb{E}	Menge der Prozessendknoten
c	Energiepreis (in c€/kWh)
$\tilde{e}_{24\text{h}}$	Auf 24h-Extrema normierter Strompreis
$e_{\text{Einsp.}}$	Höhe der Einspeisevergütung pro Energieeinheit
e_{HH}	Haushaltsstrompreis
$\mathcal{C}_{\text{H},h,i_h}$	Kosten des i_h -ten Angebots von Haushalt h
e_{Netz}	Strompreis für Netzbezug
$\mathcal{C}_{\text{Pause}}(t_1, t_2)$	Standby-Kosten einer Prozessunterbrechung von t_1 bis t_2
$\mathcal{C}[p, d_j]$	Kosten für die Ausführung von Programmteil p , beginnend zum Zeitpunkt j
e_{steuer}	Zur Optimierung zu nutzender effektiver Stromtarif für die steuerbaren Lasten
\mathbb{E}_V	Menge der Prozessendknoten für die Angebotserstellung
f	Zielfunktion
$f_{\text{G},1}$	Zu minimierende erste Zielfunktion der Geräte-Optimierung
$f_{\text{G},1,g}$	Erste Zielfunktion des g -ten Geräts im Haushalt
$f_{\text{G},2,\text{prog}}$	Zu minimierende zweite Zielfunktion der Geräte-Optimierung für programmgesteuerte Geräte
$f_{\text{G},2,\text{therm}}$	Zu minimierende zweite Zielfunktion der Geräte-Optimierung für thermische Geräte
$f_{\text{H},1}$	Zu minimierende erste Zielfunktion der Haushalts-Optimierung
$f_{\text{H},2}$	Zu minimierende zweite Zielfunktion der Haushalts-Optimierung
$f_{\text{O},1}$	Zu minimierende erste Zielfunktion der Ortsnetz-Optimierung
$f_{\text{O},2}$	Zu minimierende zweite Zielfunktion der Ortsnetz-Optimierung
$f_{\text{O},3}$	Zu minimierende dritte Zielfunktion der Ortsnetz-Optimierung
g	Gerätenummer
h	Hausnummer
$j_{\text{best},h}$	Index des ausgewählten Haushaltsangebots
\mathbb{K}	Knotenmenge für die Pfadsuche
K_1	Startknoten
K_e	Prozessendknoten
K_{Frist}	Fristknoten
λ_{aut}	Momentan-Autarkie-Quote

\underline{M}	Transitionsmatrix bei der Pfadsuche
$n_{\text{Ang},g}$	Anzahl der vom GEMS an das HEMS übertragenen Lösungen (Angebotsgröße)
$n_{\text{Ang},h}$	Anzahl der vom HEMS an das OEMS übertragenen Lösungen (Angebotsgröße)
n_G	Anzahl der Geräte im Haushalt
n_{HH}	Anzahl der Haushalte im Ortsnetz
\mathbb{O}_H	Angebotsmenge aller aktiven Haushalte
\mathbb{P}	Menge der Programmteildefinitionen
P	Elektrische Leistung
$\underline{P}_{\text{best},h}$	Leistungsprofil des ausgewählten Haushaltsangebots
$P_G(t)$	Elektrisches Leistungsprofil des Geräts
$\underline{P}_{\text{ges}}$	Ortsnetz-Gesamtleistung
$P_{G,g}$	Zeitlicher elektrischer Leistungsverlauf der g -ten Geräts im Haushalt
$\underline{P}_{G,p}$	Wirkleistungsprofil des Programmteils
$P_G[p, d_i]$	Geräteleistung zu Zeitpunkt i bei Ausführung von Programmteil p
\underline{P}_H	Elektrisches Leistungsprofil des Haushalts
\overline{P}_H	Haushaltdurchschnittsleistung
$\underline{P}_{\text{ref}}$	Referenzleistungsverlauf für die Optimierung
\hat{P}_{res}	Prädizierte Residuallast aller nicht steuerbaren Lasten
P_{steuer}	Gesamtleistung der steuerbaren Lasten im Haushalt
\underline{P}	Elektrisches Leistungsprofil
\underline{R}	Vektor der kostenoptimalen Vorgängerknoten für die Pfadrekonstruktion
\mathbb{S}	Menge der möglichen Programmsequenzen
ϑ	Temperatur
T	Zeitraum
t	Zeitpunkt
t_D	Zeitschrittweite
t_{Ende}	Zeitpunkt des Prozessendes des Geräts
t_{Frist}	Vom Benutzer vorgegebener spätestmöglicher Endzeitpunkt des Prozesses
ϑ_{soll}	Solltemperatur des thermischen Geräts
T_{Plan}	Optimierungszeitfenster bis zum Optimierungshorizont
t_{Plan}	Zeitlicher Planungshorizont der Optimierung
T_{Rechnung}	Abrechnungsperiode
\underline{V}	Vektor der Kantensummen des Optimierungsdurchlaufs

Indizes und Variablentypen

- G** Variable innerhalb des Gerätes
- g Variable des mit g indizierten Geräts
- H** Variable innerhalb des Haushalts
- h Variable des mit h indizierten Haushalts
- O** Variable innerhalb des Ortsnetzes
- $\hat{}$ Prädiktionwert
- $\tilde{}$ Normierter Wert
- $\underline{}$ Vektor des zeitlichen Verlaufs einer Größe (Profil)
- $\underline{\underline{}}$ Matrix