

**Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde der Technischen
Universität München**

**MODELLING AND SIMULATION OF COW LOCOMOTION FOR
DYNAMIC WEIGHING IN MODERN DAIRY FARMING**

Dragan Cveticanin

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Univ.-Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. Hermann Auernhammer

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Sommer
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Karl-Theodor Renius, i.R.
3. Prof. Dr. Milos Tesic (Universität Novi Sad, Serbien und Montenegro)

Die Dissertation wurde am 16.06.2004 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 25.11.2004 angenommen.

CONTENT

1. Introduction	5
2. Stand of science and technique	7
2.1 Walk-through weighing scale	7
2.2 Modelling of human locomotion	10
2.3 System modelling	12
2.3.1 Physical and mathematical modelling	13
2.3.2 Experimental system modelling and function approximation	13
2.3.3 Fuzzy theory and applications	16
2.3.4 Neural networks structure and application	23
2.3.5 Summary	31
3. Goals of the work	32
4. Materials and methods for measurement of body weight data	33
4.1 Walk-through weighing scale description	33
4.2 Sequence of weighing on the walk-through weighing scale	36
4.3 The influence of velocity of cow movement on the recorded force signal	39
5. Signal processing of recorded raw data	42
5.1 Single crossing case	42
5.2 Crowded crossing case	46
6. Development of body weigh recognition methods	57
6.1 Mathematical model of cow locomotion	57
6.1.1 Model creation	57
6.1.2 Model application	69
6.2 Fuzzy logic method	71
6.2.1 Model creation	71
6.2.2 Model application	79
6.3 Neural networks method	84
6.3.1 Model creation	84
6.3.2 Model application	92
7. Validation of models and methods	93
7.1 Validation method	93
7.2 Mathematical model	93

7.3 Fuzzy logic method	96
7.4 Neural networks method	98
7.5 Comparison of developed methods	99
7.6 Summary	101
8. Discussion	102
9. Conclusion	105
References	106