



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège



Innovative Nutzung von Informationen aus der Milch

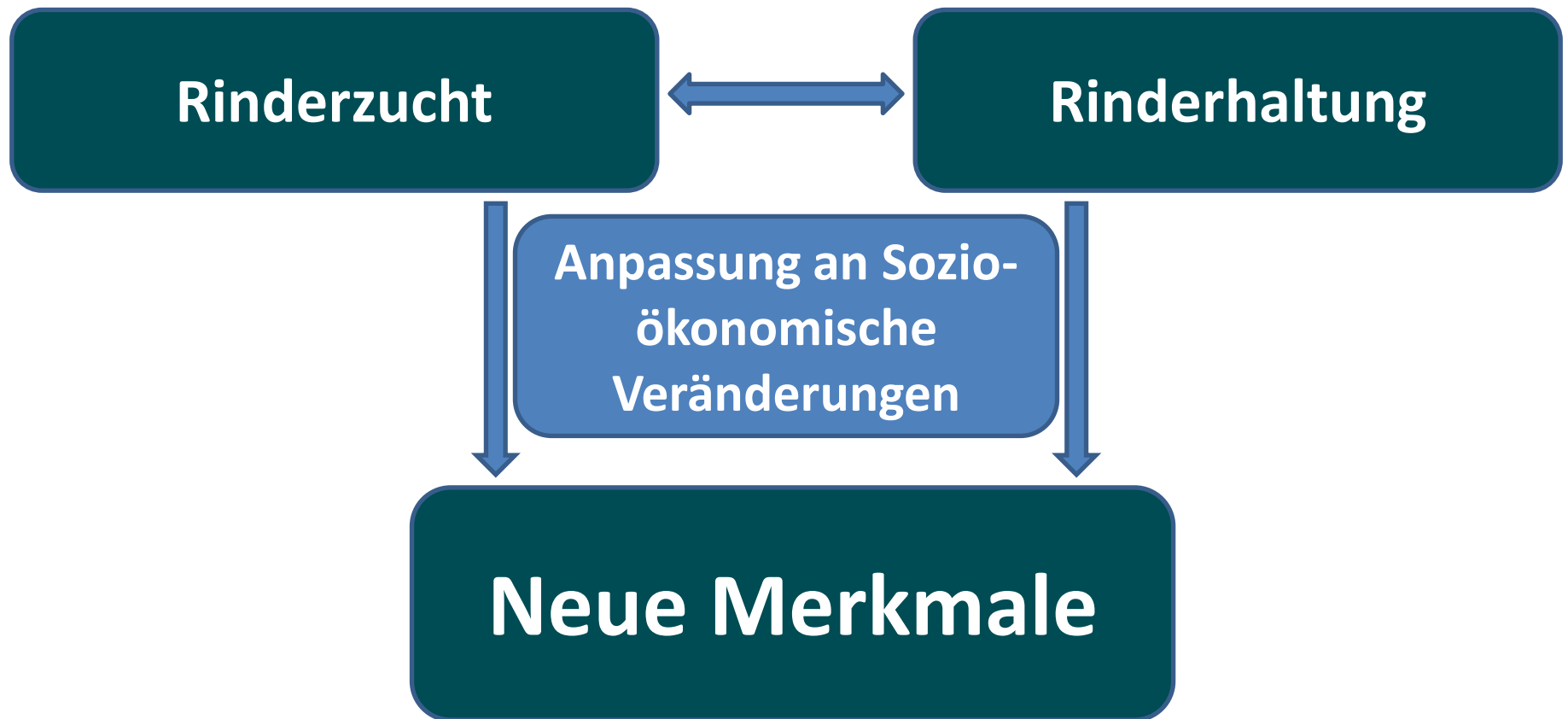
Prof. Nico Gengler

Universität Lüttich – Gembloux Agro-Bio Tech

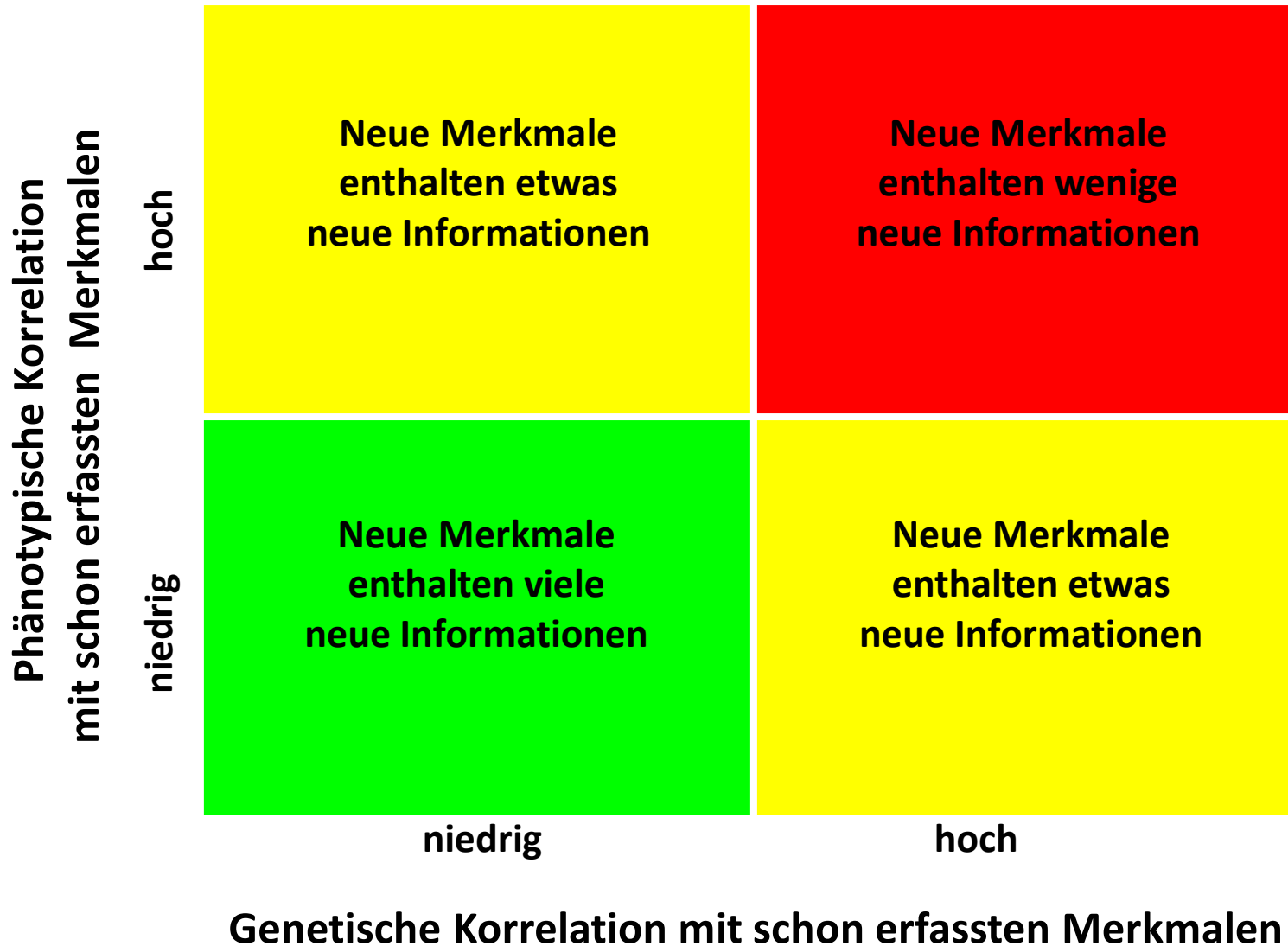
Gembloux, Belgien



Warum neue Merkmale ?

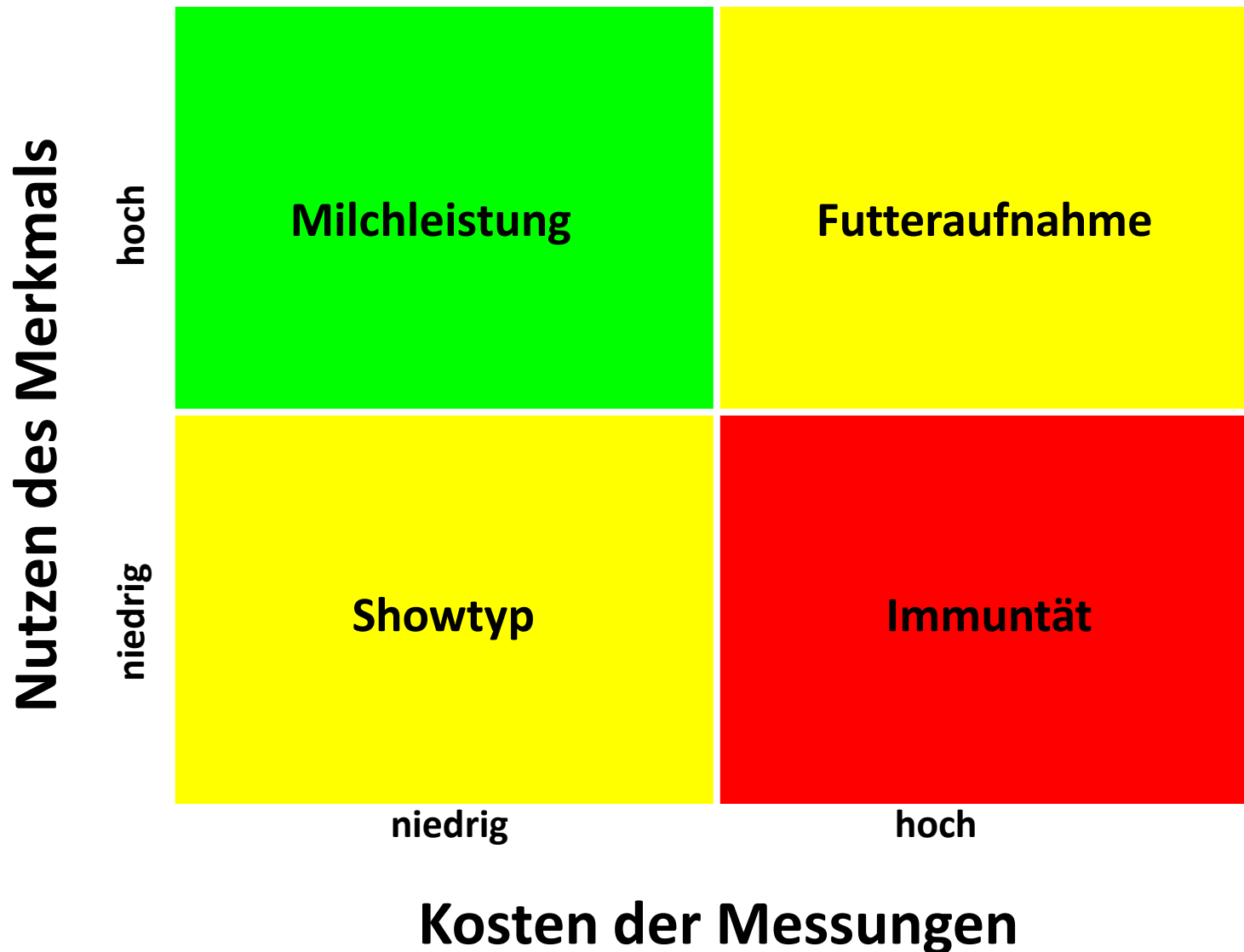


Welche Merkmale ?



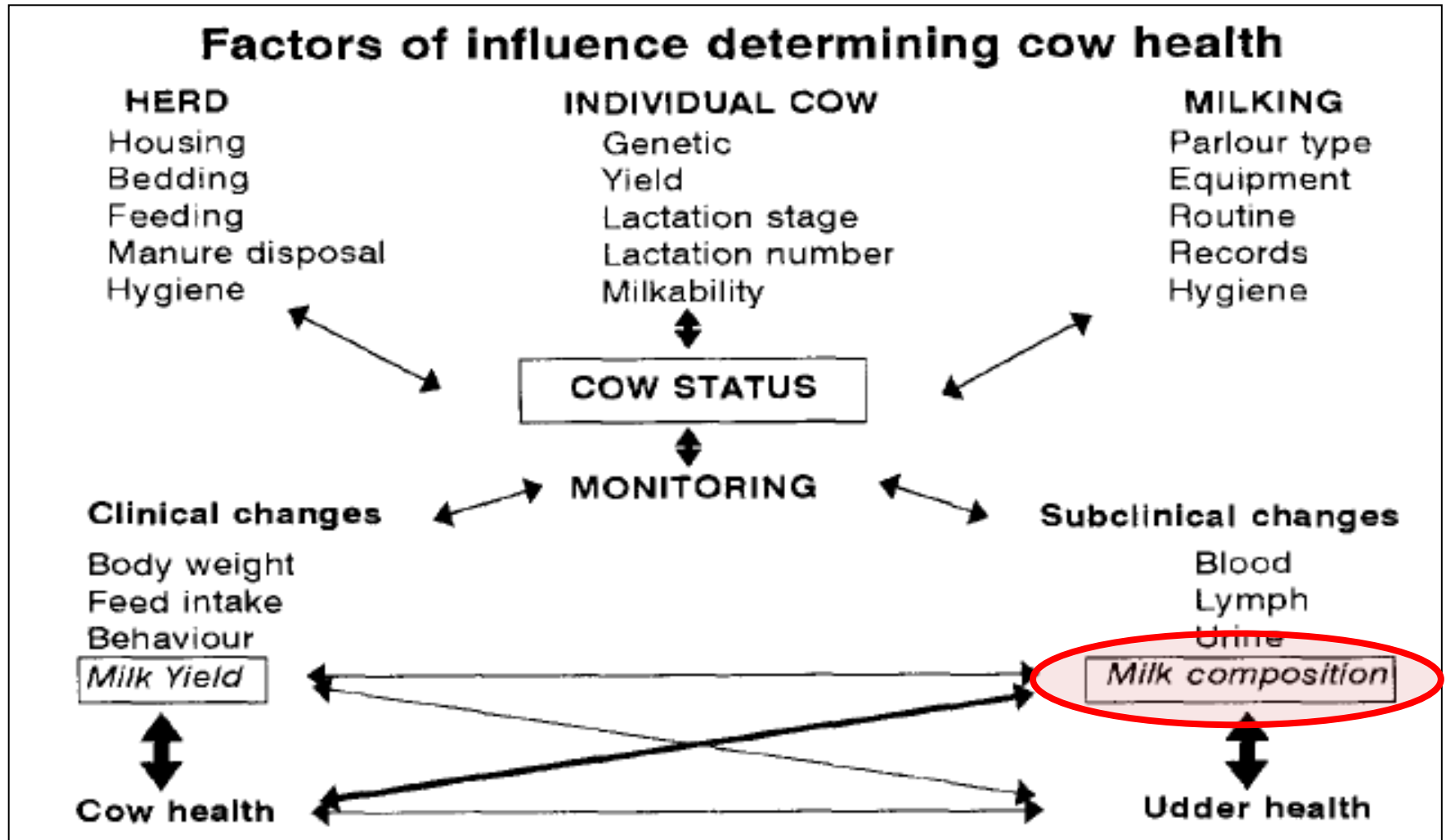
Modifiziert von
Cole et al., ICAR2014

Kosten ↔ Nutzen



Modifiziert von
Cole et al., ICAR2014

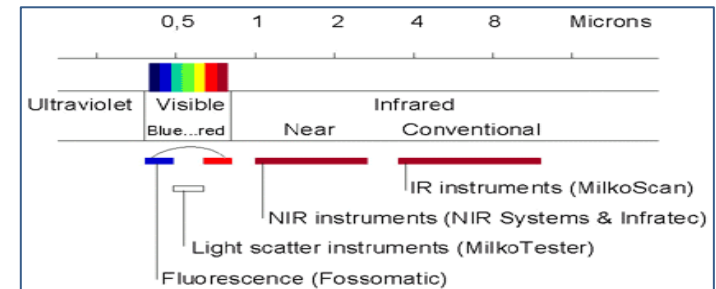
Informationen aus der Milch



Hamann & Krömker 1997. Livest. Prod. Sci. 48: 201-208.

Infrarotspektrometrie

- **Standardmethode** zur Milchfett, Milcheiweiß, Harnstoff und Laktose Bestimmung
- **Mid-Infrarotspektrometrie (MIR)**
 - Elektromagnetische Strahlung
 - Infrarot im mittleren Bereich
 - Benutzt Fourier-Transformations (FT) Technologie \Rightarrow FT-MIR



Elektromagnetisches Spektrum (Foss)



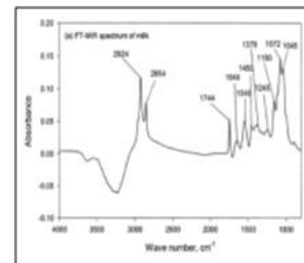
Milchproben

(Milchkontrolle, Tankmilch)



Milchanalyse

(Foss, 2008)



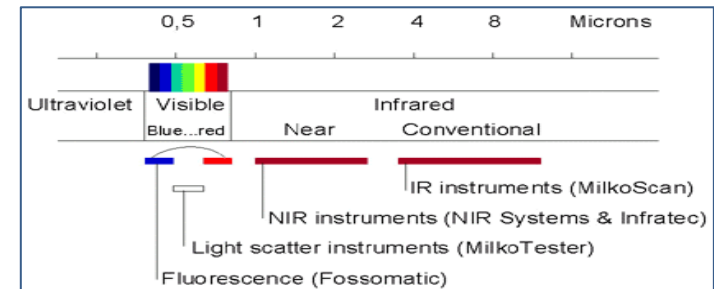
FT-MIR Spektrum



Bestimmung von
Fett-
Eiweiß-
Laktose-
Harnstoffgehalt...

Infrarotspektrometrie

- Standardmethode zur Milchfett, Milcheiweiß, Harnstoff und Laktose Bestimmung
- Mid-Infrarotspektrometrie (MIR)
 - Elektromagnetische Strahlung
 - Infrarot im mittleren Bereich
 - Benutzt Fourier-Transformations (FT) Technologie \Rightarrow FT-MIR
- Kosten der Messungen: **niedrig**
 - Weil schon standardmäßig benutzt wird darum sehr „kostengünstig“
- Aber ist Infrarotspektrometrie **nützlich** ?
 - Extraktion von neuen Informationen ?
 - Neue / schwierig zu beobachten / teuren Merkmale ?



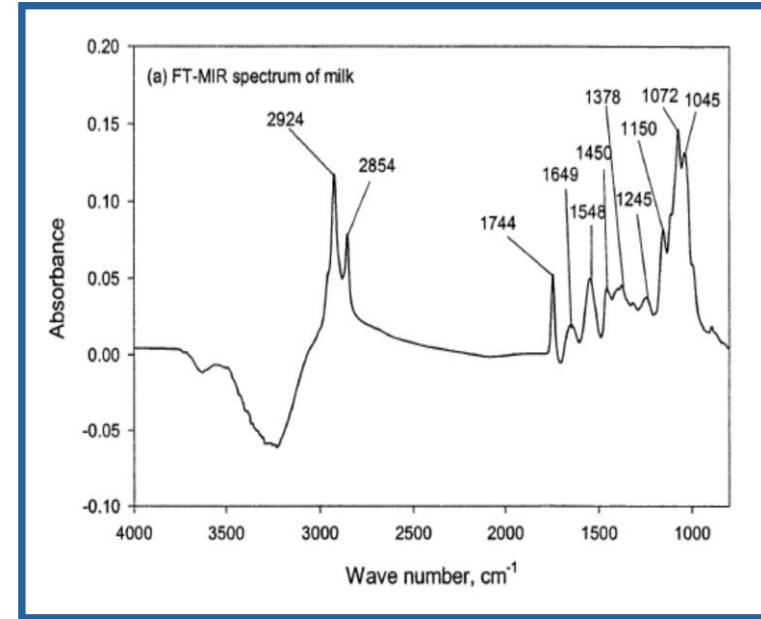
Elektromagnetisches Spektrum (Foss)



Bentley Instruments

Infrarotspektrometrie

- Nach Herstellern verschiedene
 - Zwischen 850 – 1060 Absorptionswerte (abs)
- Kalibration
 - Erstellen von Gleichungen
z.B. $\text{Fett\%} = a + \sum b_i(\text{abs})_i$
- Meistens
 - FT-MIR Spektraldaten nicht „direkt“ verfügbar
 - Aber hier große Unterschiede zwischen Herstellern
 - „Blackbox“
 - ⇒ nur klassische Gehalte (Fett usw.) verfügbar



Excel 35130320.1113.SpectrumData.xlsx (Read-Only)

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG			
2	35130320	12/4/13	Lab Info: AK 403 Cedar	USA																																
3	4/12/13 10:01	Normal	Workstation	Jobindex	SampleIndex	Replicate	SampleID	WaveNum	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265		
4	4/12/13 10:01	Normal	1	16347	594474	1	1	1060	1.174367	1.169028	1.161095	1.152462	1.144269	1.136975	1.130587	1.124671	1.118177	1.109347	1.096055	1.076614	1.050721	1.020011	0.987768	0.957773	0.932779	0.913417	0.897826	0.882442	0.86322	0.836996	0.802468	0.760545	0.714041	0.663636	0.608000	
5	4/12/13 10:01	Normal	1	16347	594475	1	2	1060	1.236163	1.224816	1.213445	1.203333	1.194433	1.185992	1.177303	1.167946	1.157501	1.145115	1.129392	1.108776	1.082934	1.052488	1.020056	0.9888904	0.961699	0.939316	0.920406	0.901861	0.879943	0.851592	0.815448	0.772286	0.724788	0.673636	0.619363	0.563636
6	4/12/13 10:01	Normal	1	16347	594476	1	3	1060	1.132829	1.131338	1.127171	1.121764	1.115967	1.110044	1.103983	1.097631	1.090459	1.081479	1.068946	1.051302	1.027905	0.999765	0.96952	0.94056	0.915653	0.895761	0.879587	0.864024	0.845259	0.82008	0.78693	0.746391	0.701017	0.652636	0.601363	0.548000
7	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594477	1	4	1060	1.209717	1.196581	1.182448	1.169595	1.159037	1.150633	1.143685	1.137299	1.130379	1.121474	1.108853	1.091021	1.0675	1.039418	1.009414	0.980754	0.956015	0.935984	0.919283	0.902859	0.883063	0.858693	0.822297	0.781958	0.736377	0.687363	0.634636	0.578000
8	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594478	1	5	1060	1.167169	1.155416	1.144443	1.135664	1.129477	1.125215	1.121651	1.117421	1.111153	1.101409	1.086772	1.066282	1.040092	1.009915	0.978788	0.950084	0.926164	0.907339	0.891662	0.875581	0.855171	0.827444	0.791295	0.747822	0.696979	0.648363	0.595000	0.538000
9	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594479	1	6	1060	1.197093	1.178723	1.163159	1.150549	1.140653	1.133002	1.127066	1.122078	1.11669	1.108818	1.096017	1.076372	1.049533	1.017293	0.983248	0.951526	0.925137	0.904733	0.888346	0.872143	0.851806	0.823983	0.787326	0.742849	0.690363	0.630000	0.562000	0.487000
10	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594480	1	7	1060	1.247763	1.214322	1.191816	1.176712	1.166241	1.158485	1.152303	1.14673	1.140299	1.13081	1.115819	1.093662	1.064489	1.029662	0.996111	0.964018	0.932439	0.906549	0.891282	0.871556	0.844219	0.808172	0.764517	0.713636	0.655363	0.590000	0.518000	0.440000
11	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594481	1	8	1060	1.190054	1.186357	1.183249	1.180014	1.175545	1.169919	1.163036	1.154014	1.138788	1.126144	1.111002	1.091775	1.067501	1.038748	1.007782	0.977797	0.951533	0.930002	0.91198	0.894409	0.875339	0.84627	0.811199	0.769066	0.722523	0.670000	0.612000	0.548000
12	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594482	1	9	1060	1.230022	1.224966	1.214292	1.201249	1.188049	1.175656	1.164285	1.153811	1.143735	1.132917	1.119541	1.101634	1.078005	1.049107	1.01723	0.985743	0.957698	0.934465	0.915998	0.896632	0.875259	0.847636	0.812061	0.769016	0.720414	0.666000	0.600000	0.524000
13	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594483	1	10	1060	1.190874	1.182911	1.172735	1.161865	1.151669	1.143049	1.13631	1.130957	1.125494	1.117533	1.1044	1.08163	1.056653	1.023923	0.989759	0.958312	0.932446	0.912582	0.896537	0.880364	0.859762	0.831504	0.794471	0.749671	0.700000	0.646000	0.582000	0.508000
14	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594484	1	11	1060	1.167036	1.156633	1.145854	1.135802	1.126541	1.117732	1.109274	1.101368	1.094015	1.086384	1.076647	1.062562	1.042571	1.016809	0.987738	0.957631	0.930223	0.908221	0.893975	0.871403	0.850582	0.823649	0.788961	0.747047	0.700445	0.649000	0.588000	0.518000
15	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594485	1	12	1060	1.22582	1.22403	1.213125	1.198521	1.184055	1.171649	1.161668	1.153332	1.144992	1.134413	1.119296	1.098054	1.068915	1.032855	1.004613	0.980962	0.961168	0.945632	0.933622	0.921763	0.907034	0.886555	0.860083	0.827304	0.789000	0.745000	0.696000	0.642000
16	4/12/13 10:02	Normal	1	16347	594486	1	13	1060	1.198159	1.18971	1.178066	1.166543	1.156427	1.148788	1.142807	1.137113	1.132805	1.128905	1.118718	1.10895	1.094851	1.074756	1.048894	1.020605	0.994216	0.970666	0.949277	0.926527	0.895913	0.852711	0.798875	0.744969	0.691163	0.637000	0.583000	0.529000
17	4/12/13 10:03	Normal	1	16347	594487	1	14	1060	1.173401	1.169982	1.164828	1.158106	1.150041	1.141139	1.132156	1.123661	1.115392	1.105891	1.092815	1.073926	1.048334	1.017289	0.984019	0.952532	0.922952	0.905181	0.888508	0.872262	0.85216	0.824778	0.786644	0.746651	0.695766	0.644000	0.592000	0.540000
18	4/12/13 10:03	Normal	1	16347	594489	1	16	1060	1.168304	1.160648	1.149947	1.138466	1.12752	1.117671	1.109208	1.102273	1.096474	1.090429	1.081782	1.067953	1.04734	1.020331	0.989472	0.958561	0.931058	0.90858	0.890205	0.872867	0.852573	0.825909	0.791237	0.749204	0.702500	0.650000	0.598000	0.546000

Weg zur OptiMIR Projektidee

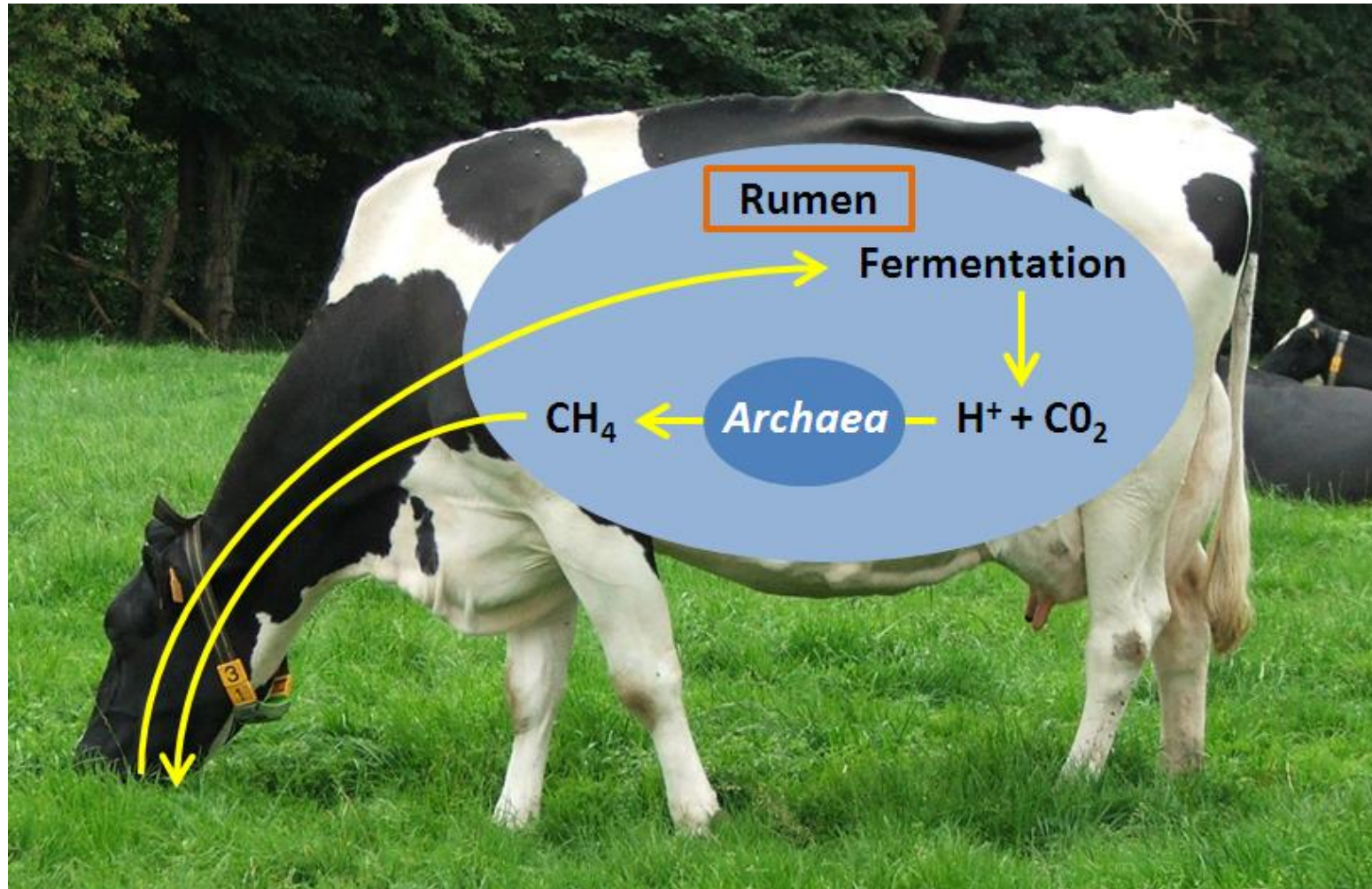
- **Klassische „Gehalte“** \Rightarrow nur bedingt nützlich als „Biomarker“
 - Mit Abstrichen wie z. B. Fett/Eiweiß Ratio
- **Wirkliche Information liegt im FT-MIR Spektra!**
 - Fingerabdruck der internen Vorgänge in der Kuh
- **Erster Schritt: Extraktion der Spektraldaten**
 - Zusammenarbeit mit dem Wallonischem Milchlaboratorium („Milchkomitee“) und CONVIS (Luxemburg)
- **Zweiter Schritt: Neue Kalibrationen**
 - Zusammenarbeit mit dem Wallonischem Landwirtschaftlichen Forschungszentrum (CRA-W) und anderen Instituten in zwei EU Projekten „RobustMilk“ und „GreenHouseMilk“
 - Sehr wichtig
 - **Zusammenbringen von Referenzdaten („Goldstandards“) und Spektraldaten**
 - Spezifische statistische Methoden
 - Bestimmung der Gleichungskoeffizienten (Analogie Schätzung direkter „Genomischer ZW“ Koeffizienten))

Weg zur OptiMIR Projektidee

- **Neue Kalibrationen**
 - Sehr erfolgreich ($R^2 > 0.75$) für einige individuellen Merkmale:
 - Viele Fettsäuren
 - Mineralstoffe (Na und Ca)
 - Aber auch Methan
- **Idee wurde von anderen Forschungsgruppen aufgegriffen z.B.:**
 - Eiweißvarianten, Energiebilanz
- **Aber wie kann man erklären dass Milch z.B. Rückschlüsse auf Methan zulässt?**

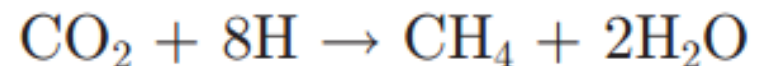
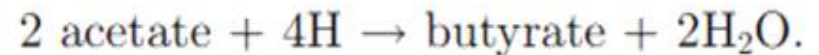
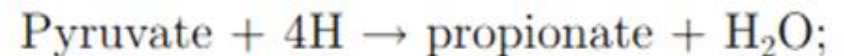
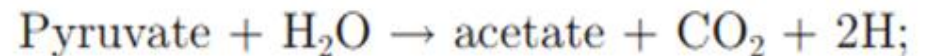
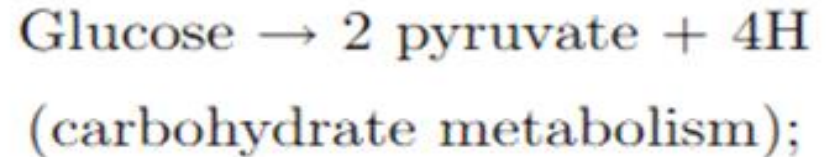
Ursprung von CH₄

(für die Nicht-Tierernährungswissenschaftler 😊)



Methanogenese

- Fermentation der Kohlenhydrate
- Gleichgewicht zwischen
 - Azetat
 - Propionat
 - Butyrat
- Methanogenese



Knapp et al. 2014 J. Dairy Sci. 97 :3231–3261

Methanogenese ↔ MIR

- Fermentation der Kohlenhydrate

- Gleichgewicht zwischen

- Azetat
- Propionat
- Butyrat

Fettsäuren
auch in der Milch

C-H
O-H

MIR Spektra

- Methanogenese

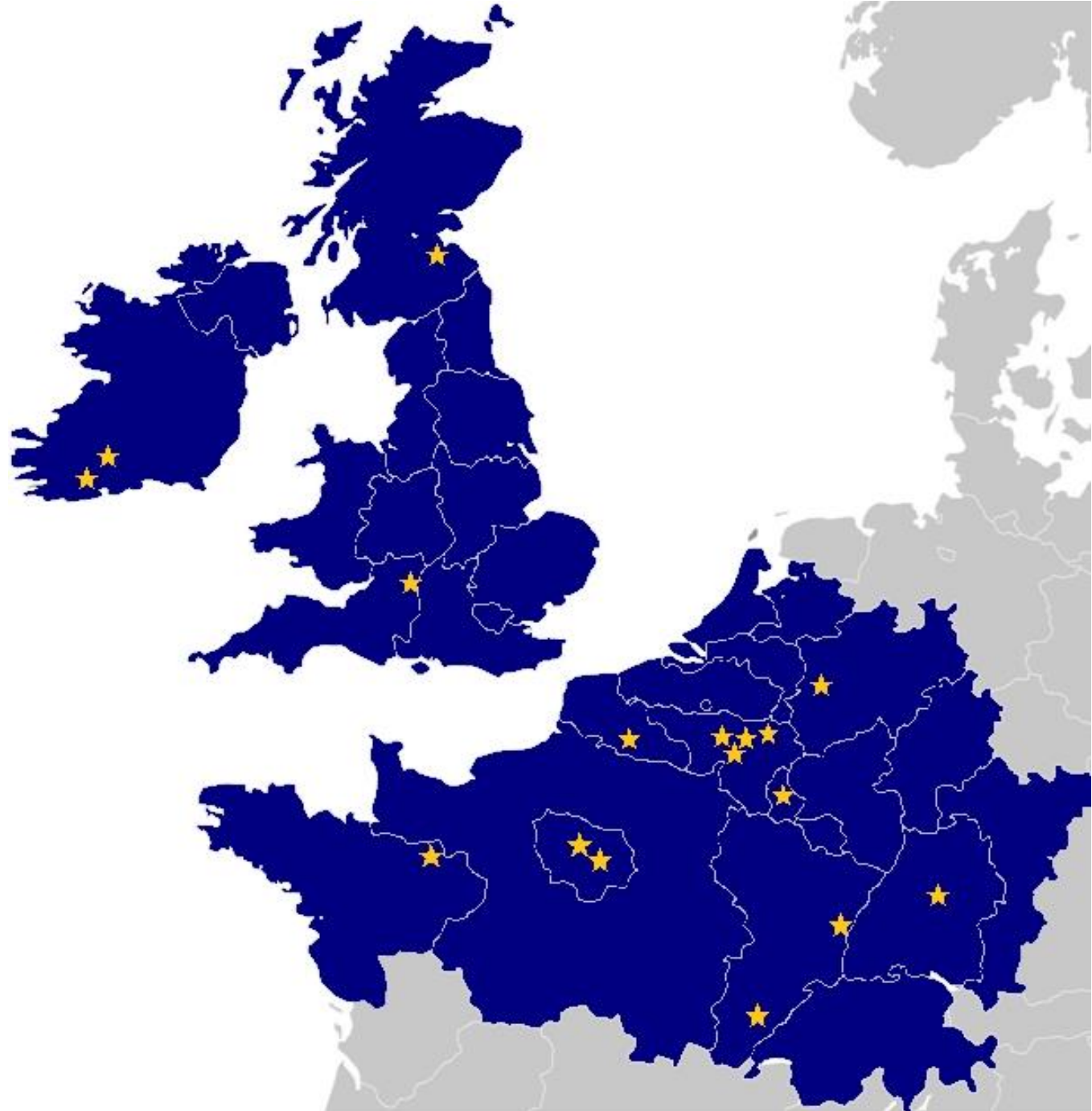
Europäische Partnerschaft



11 nordwesteuropäische Kontrollverbände
7 Forschungseinrichtungen und Laboratorium



Partnerschaft
www.optimir.eu



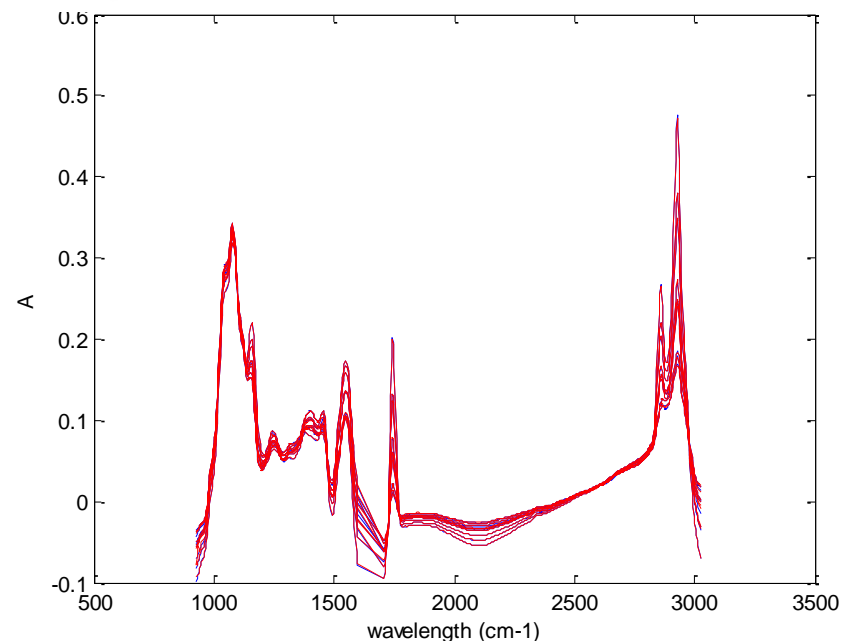
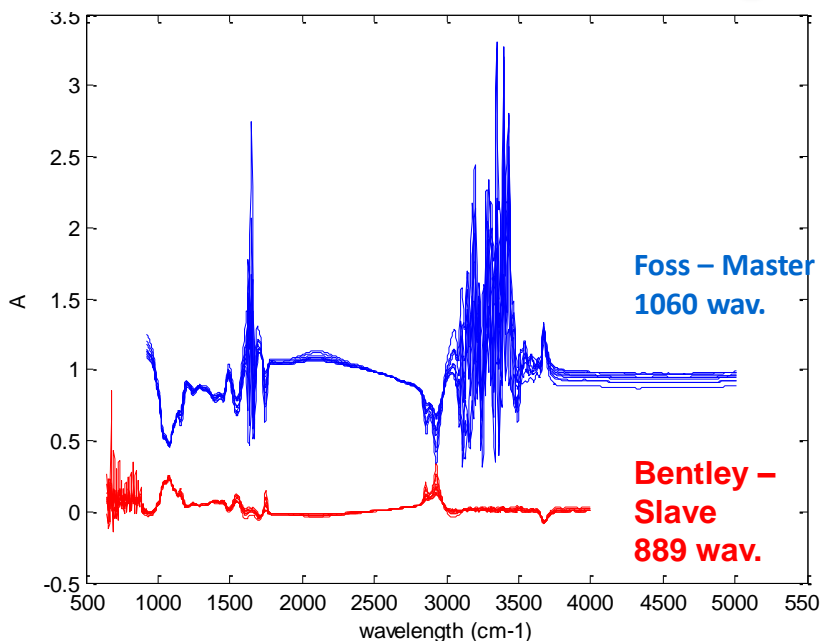
OptiMIR Projekt

- **Projektziel**
 - Optimierung der Ausbeutung in Routine von aus Milch gewonnenen Spektraldaten
- **Grundansatz: Milchkontrollverbände arbeiten als Netzwerk zusammen - unterstützt von der Forschung**
 - Gegenseitige Hilfe in der Extraktion der Spektraldaten und gemeinsame IT-Entwicklungen
 - Entwicklung und Organisation der „Standardisation“ der verschiedenen Spektrometer(typen) in der Dauer
 - Ähnlich bestehender „Ringtests“
 - Mehr Details
neue Publikation Grelet et al.



Standardisation der Spektra

Standardisation



OptiMIR Projekt

- **Forschungsdatenbank**
 - MIR Daten
 - Auch in gewissen Maßen Referenzdaten
 - Darunter: direkte Tiergesundheitsdaten – Diagnosen – Pansen pH-Werten – BHB – Ziträt – Methan – Mastitis
- **Test und Einführung von „Management Tools“ in Pilotbetrieben**
 - Mit permanentem Feedback zu den Entwicklern
 - Sehr wichtiger Punkt auch für zukünftige Projekte: jede neue Methodik muss einem Praxistest unterzogen werden
- **Zwei Ansätze zur Entwicklung von „Management Tools“**
 - Intern 1.0 und 2.0 Methoden genannt

OptiMIR Projekt

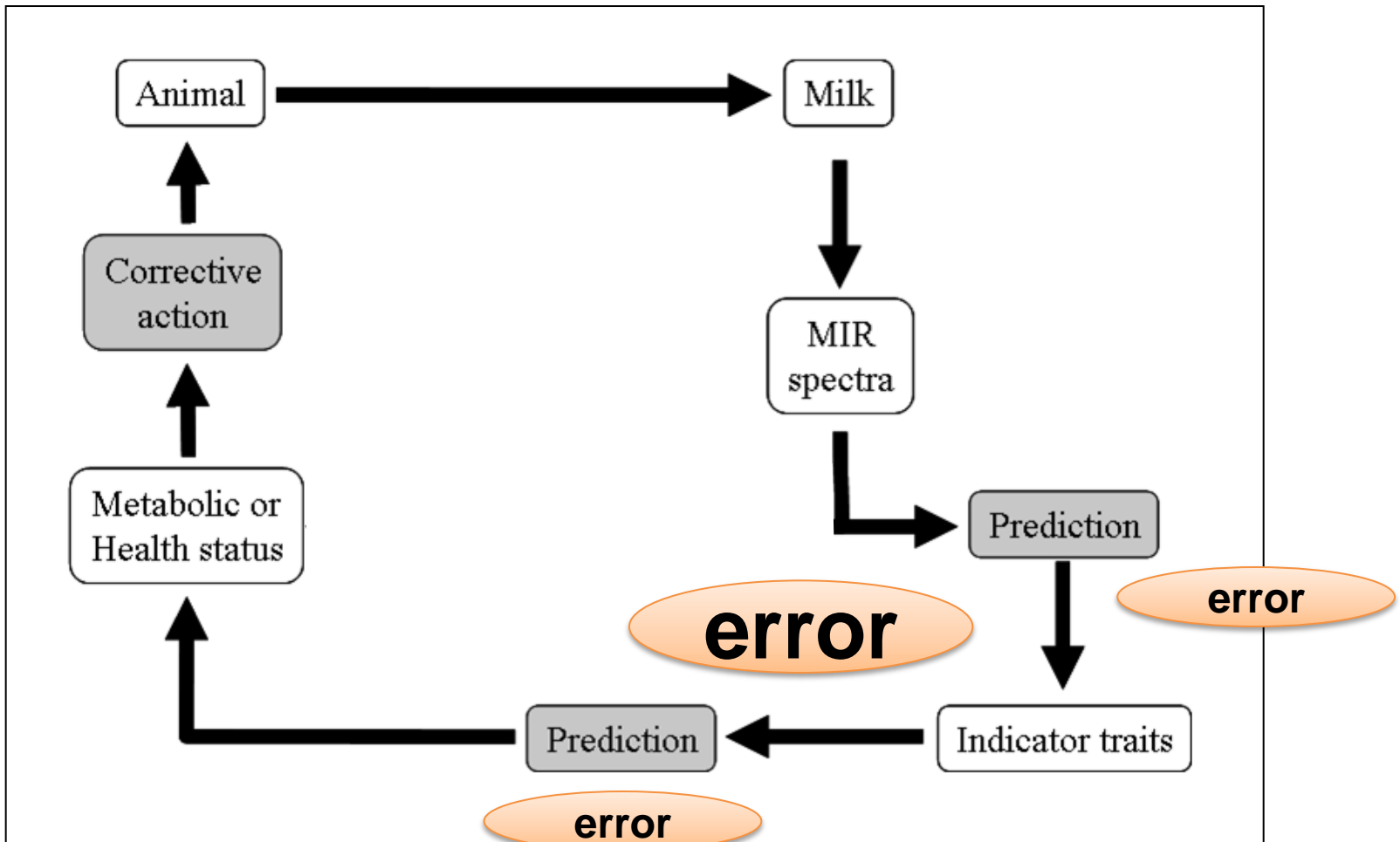
1. **Ansatz:** Neue „klassische“ Kalibrationen

- Durch OptiMIR leichteres Zusammenführen von Daten zur Entwicklung / Verbesserung von Kalibrationen von Indikatormerkmalen
 - z.B. Azeton, β -Hydroxybutyrat(BHB), Zitrat
- „Kalibrierten“ Gehalte \Rightarrow „Managementmerkmal“
 - Azeton, BHB, Zitrat \Rightarrow Ketosis
- „Management Tools“ V1.0

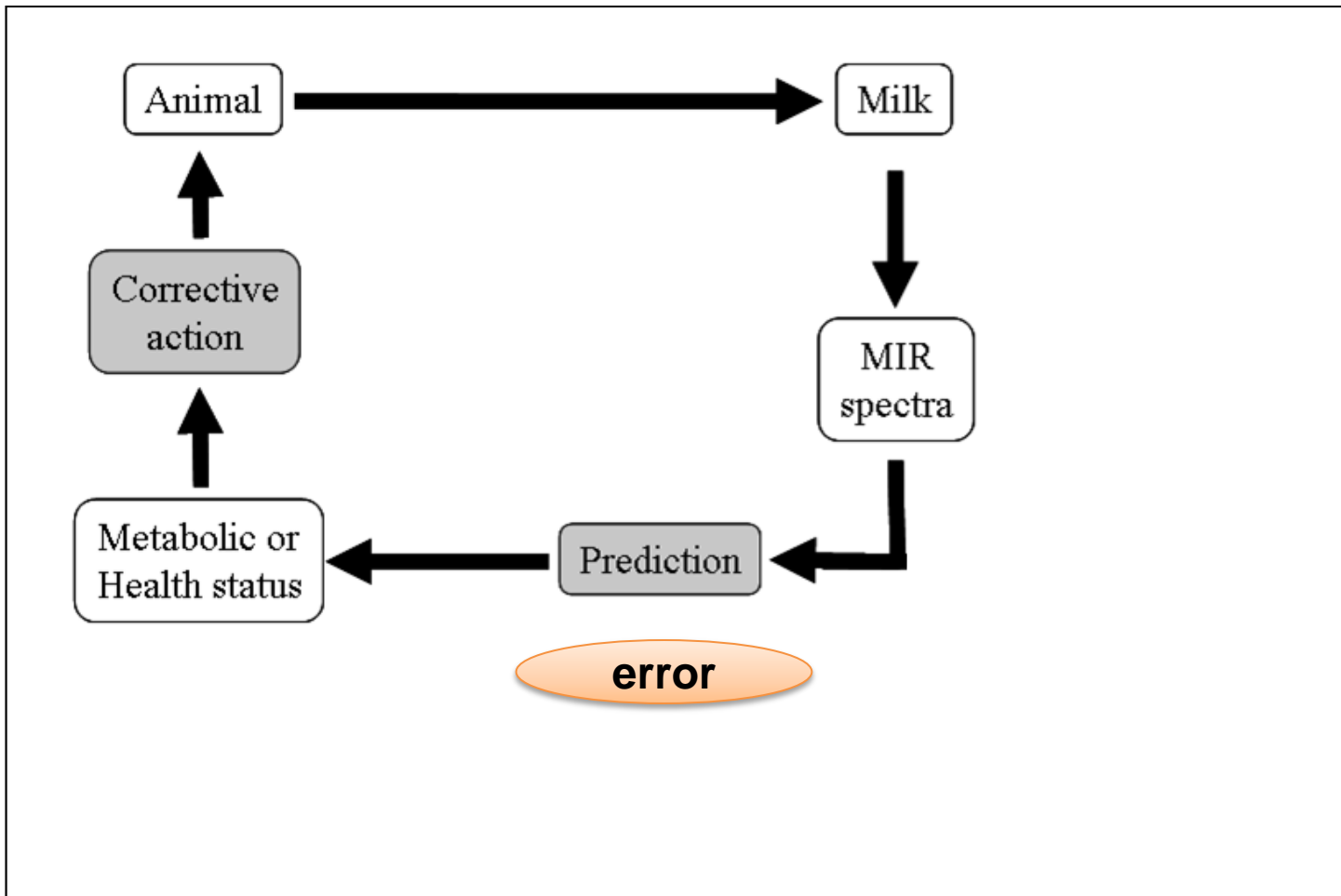
\Rightarrow Innovation: Variable Gleichungskoeffizienten

- z. B. Verknüpfung Methan \Leftrightarrow MIR Spektrum (Fettsäuren) hängt vom Laktationsstatus ab

MIR \Rightarrow Indikator \Rightarrow Managementmerkmal



MIR \Rightarrow Managementmerkmal



OptiMIR Projekt

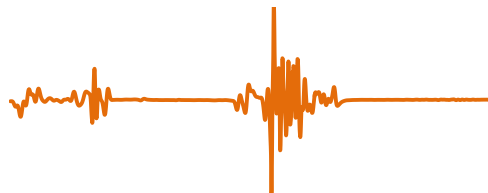
2. **Ansatz:** Direktes Vorherschätzen des Managementmerkmals

- Direkte Prädiktion des Status des Tieres
 - z. B. MIR Spektren \Rightarrow Ketose (Ja/Nein)
- „Management Tools“ V2.0

\Rightarrow Innovation: Modellierung der Evolution der Spektren

- Berechnung eines Erwartungswertes (andere Faktoren berücksichtigt)

Gemessenes Spektrum – **Erwartetes Spektrum** = **Rest Spektrum**



$$\text{z.B. Prob(Ketose)} = \frac{1}{1 + e^{-(a + \sum b_i(\text{rest})_i)}}$$

Innovative Nutzung von MIR Informationen aus der Milch für die Tierhaltung

- **Individuelle Fütterungsstrategien**
 - z. B. Reduktion der Futterkosten
- **Verbessertes Gesundheitsmanagement**
 - z. B. Erkennung und Vermeidung (subklinischer) Stoffwechselerkrankungen
- **Verbesserung der Milchqualität**
 - z.B. Fettsäuren in der Milch
- **Reduktion der Umweltbelastung**
 - z.B. Minderung der CH₄-Emissionen

Innovative Nutzung von MIR Informationen aus der Milch für die Zucht

- **Neue / schwierig zu beobachten / teuren Zuchtmerkmale (Auch wenn Zucht keine offizielles Projektziel von OptiMIR ist)**
- **Einige Beispiele**
 - Milchqualität
 - CH₄-Emissionen und Futtereffizienz
 - (Neue) Indirekte Gesundheitsmerkmale z.B.:
 - Fruchtbarkeit
 - (subklinische) Stoffwechselerkrankungen
 - Eutergesundheit
- **Große Möglichkeiten wenn kombiniert mit Genomik, aber benötigt auch**
 - Genug MIR Spektren ⇒ Schätzung Daten für neuen Merkmale
 - Genetische Modelle und Parameterschätzungen
 - Angepasste „Genomische“ Methoden

(In Wallonien alle drei Bedingungen sind erfüllt)



Final
OptiMIR
scientific
and expert
meeting

16-17 April
2015

PALAIS DES CONGRÈS
NAMUR • BELGIUM

Held in conjunction
with the IDF/ISO
Analytical Week
2015 in Namur
(Belgium)

from 12-17 April 2015

www.namur2015.be



Vielen Dank

nicolas.gengler@ulg.ac.be

