

Mit Bits und Bytes von der Dampfmaschine zur Feldrobotik

Prof. i.R. Hermann Auernhammer
Freising

Festvortrag

5	0	SP	J	a	h	r	e	SP	F	ö	r	d	e	r	v	e	r	e	i	n	SP	D	L	M	SP	H	o	h	e	n	h	e	i	m	
00110101	00110000	00100000	01001010	10001110	01001000	01010010	01000101	01000000	01000110	10010100	01010010	01000100	01000101	01010010	01010110	01000101	01010010	01000101	01000100	01010110	01000000	00100100	01000010	01010010	00100000	01001000	11110010	00010010	10100010	01000110	00010010	10000010	01000101	10010010	10110010
53	48	32	74	65	72	82	69	32	70	148	82	68	69	82	86	69	82	69	73	78	32	68	34	77	32	72	79	72	69	78	72	69	73	77	

ASCII-Code, Code page 437 (IBM PC)

06.09.2022

bit & byte – die „Jungen“ !

Bit

- Maßeinheit für Informationsgehalt zweier gleich wahrscheinlicher Möglichkeiten, ein reeller, nicht negativer Wert
- üblicherweise „0“ und „1“
- Definiert von Mathematiker John W. Tukey, vermutlich 1946

Byte

- Maßeinheit, welche meist für eine Folge aus 8 Bit, üblicherweise „0“ und „1“ steht und somit 256 Möglichkeiten darstellt
- Einheitenzeichen „B“
- Begriff definiert von Werner Buchholz im Juni 1956

Beides definiert für die digitale Welt, aber warum diese grundlegende Definition des Bits nicht auch im verfahrens- und agrartechnischen Sinne betrachten ?



Ein Bit vor 12.000 Jahren

Zwei gleich wahrscheinliche Möglichkeiten,
damals mit dem Zugtier

- Wüa oder Brr
- Hü oder Hot
- ??? oder ???

→ 1 Bit ist ausreichend für „Auf oder ab“,
nicht negativ, weil Zugtiere üblicherweise
freiwillig nicht rückwärts gehen

→ Und diese Form der Bearbeitung gilt für
unsere Feldbewirtschaftung bis heute !



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Maler_der_Grabkammer_des_Sennudem_001.jpg, 06.07.2022

Oder: Wird es nach 12.000 Jahren nicht Zeit dies zu hinterfragen ?

Und ein Bit beim Dampfpflügen (Fowler & Max Eyth)

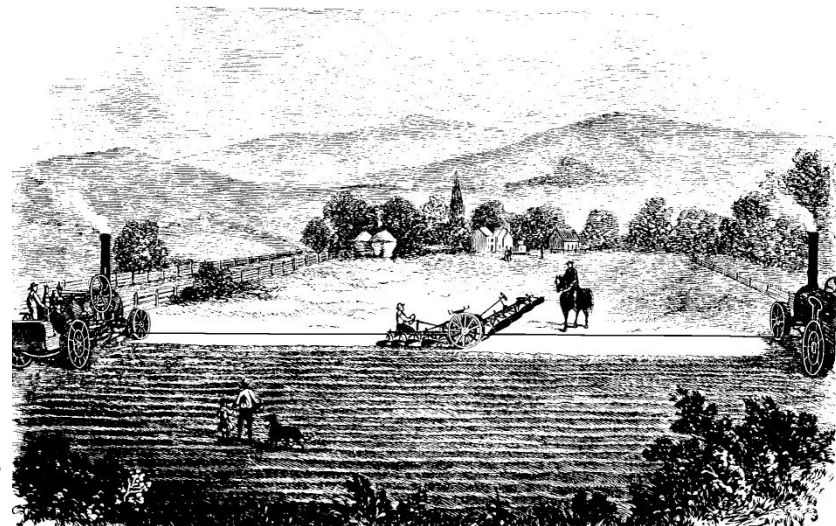
Disruptiv !?

Ja (1 Bit), denn:

Sinnvollerweise wird das Feld in der Breite bearbeitet (Seillänge, Oberflächenausbildung, Sichtbarkeit)

Und:

- Der Pfiff (das Bit) dient zum Einholen in der Gegenrichtung



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Ploughin.jpg>,
03.08.2022

Zudem:

Die überwiegende Zahl an Dampfmaschinen trieb als mobile Kraftquelle die Dreschmaschinen an, prägte die Dorfgemeinschaft und führte zum Genossenschaftswesen (Friedrich Wilhelm Raiffeisen, 1818–1888)

- Der Pfiff (das Bit) schallte im Winter durch die Dörfer (Dreschbeginn, Brotzeit, Mittagspause, Dreschende) und prägte und bestimmte indirekt den Tagesablauf

1925 - Erstmals Technik im „Schauvoraus System“

Disruptiv (Harry Ferguson) !?

Ja (1 Bit), denn:

- Gegenüber dem Traktor als universelle Zugmaschine ein System aus Traktor und Geräten
- Optimierte Zugkraft durch Belastung der Hinterachse über die Zugwiderstandsregelung
(Zum Patent angemeldet 1925, Patent erteilt Juni 1926)

Und:

- Für den vorausschauenden Fahrer nur noch 1 Bit für „Heben“ und „Senken“
- Aber auch der Ansatzpunkt für das fast perfekte System



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=730664>

Alles im „Schauvoraus System“, DLG Hamburg 27.05.1951

1925



Disruptiv !?

Ja (1 Bit), denn:

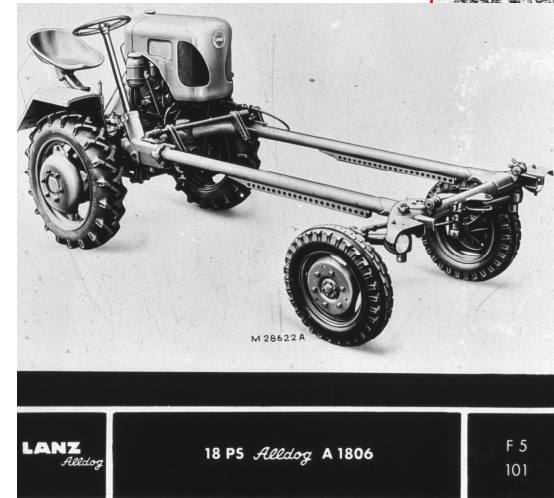
- Deckt mit Ausnahme der Getreideernte die gesamte Pflanzenproduktion ab
- Mit zunehmender Geräteautomatisierung entsteht das „Ein-Mann-System“

Und:

Für den vorausschauenden Fahrer nur noch jeweils 1 Bit

- „Heben“ und „Senken“
- Ein / Aus für Geräteaktion(en)

Aber:



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=716730>

„Schauvoraus“ ist „Einmann-System“

Aber:

- Zu geringe Antriebsleistung in den 50ern und 60ern beschränken die möglichen Arbeitsbreiten
- Durch die Nutzung der Heckhydraulik Abkehr vom reinen „Schauvoraus System“
- Hoher Rüstzeitenanteil
- Witterung erzwingt oft Änderung des Arbeitsregimes (falsche Anbaugeräte)

Und trotzdem folgt etwas fast Unglaubliches !



Zweimal ein Bit und der Roboter läuft und läuft (15.04.1964)

Disruptiv (EICHER AgriRobot) !?

Ja (1 Bit), denn:

- Einfache Feldvorbereitung (*Querfurchen*) ohne Vorbeet
- Kann 24 h/d arbeiten (*Einscharpflug identisch zu 3-scharigem Traktorpflug im 8-Studentag*)
- Aus Serienteilen existierender Produktionslinien gefertigt (*Motor, Achse, Getriebe, Pflug*)
- All dies ohne Elektronik

Und:

- Die beiden Tasträder (1 Bit für ja/nein) erfassen die jeweilige Schlaggrenze

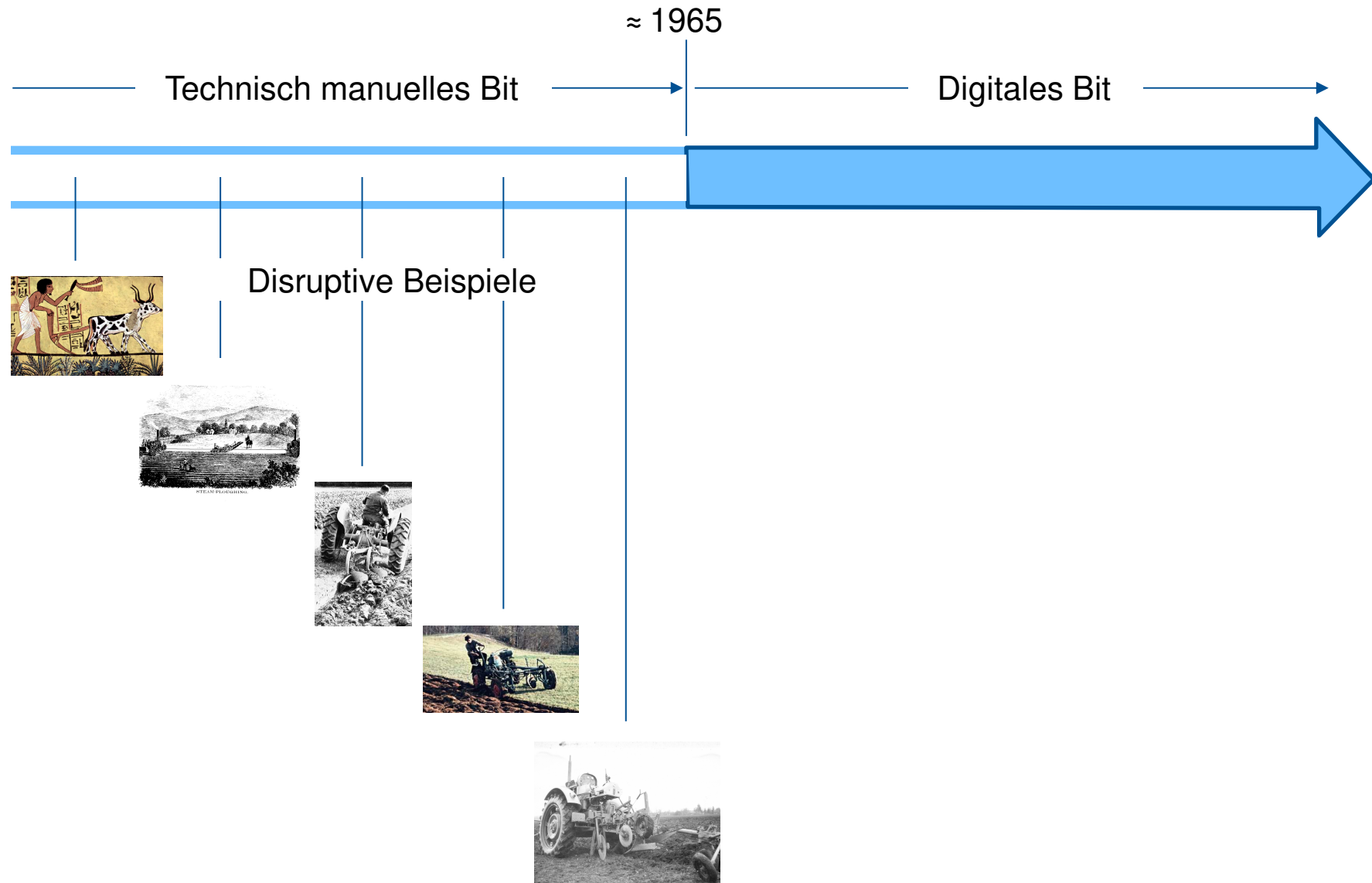


<https://mediatum.ub.tum.de/?id=1558682>

Aber:

- Keine sichere mechanische Erfassung der Querfurche
- Nur Nutzung in Zeiten, wenn Traktor und Arbeitskraft ohnehin verfügbar sind

Das Bit im agrartechnischen Zeitstrahl



Die andere Seite (Z3) am 12.4.1941

Pionierleistung von Konrad Zuse (22.10.1910 – 18.12.1995)

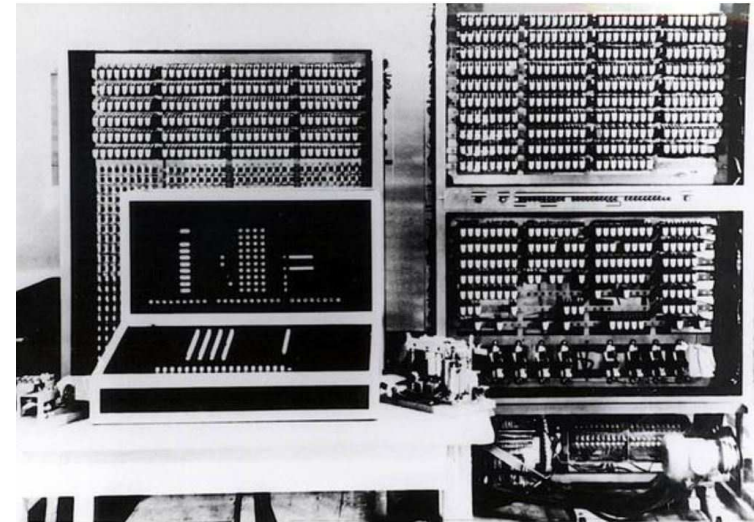
- Entwickelt in der eigenen Werkstatt
- Größe entspricht einem Wandschrank
- 64 Wörter Speicherkapazität
- 3 Sekunden für eine Multiplikation oder Division

Das große Echo blieb aber aus:

- Keine Presse
- Keine Weltsensation
- Es herrschte Krieg

(so der älteste Sohn Horst Zuse)

→ **Aber**



<https://www.ingenieur.de/technik/produkte/konrad-zuses-z3-computer-welt-80/>, 12.08.2022

... Technik wird zum Großrechner bei IBM am 14.2.1946

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), restauriert an der Harvard University in Boston

- Misst 10 m × 17 m und wiegt 27 Tonnen
- Kostete 468.000 \$ (entspricht heute 6.890.000 \$)
- Benötigte 175 kW

<https://de.wikipedia.org/wiki/ENIAC>, 12.02.2018



Auernhammer, 2008

Aus berufenem Munde:

Der Chairman von IBM prophezeite während der Entwicklung 1943:

- „Ich denke, dass es weltweit einen Markt für vielleicht 5 Computer gibt“ **!!!**

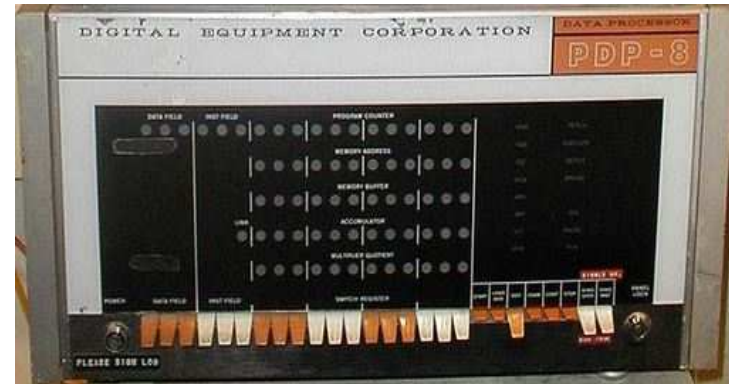
pc.welt.de, 12.02.2018

Was aber, wenn es auch kleiner ginge ?

... zum „kleinen Rechner für Jedermann“ am 22.03.1965

Die erfolgreiche Garagenentwicklung (Edson de Castro bei Digital Equipment Corporation, gründet 1968 Data General)

- Größe eines übergroßen Haushalts-Kühlschranks
- Diode-Transistor-Logik auf Steckkarten
- Erstverkaufspreis \$ 18.000 (das Mehrfache an Leistung gegenüber ENIAC zu 1/25 im Preis, quasi im Schuhkarton)



<https://de.wikipedia.org/wiki/PDP-8>, 10.08.2022

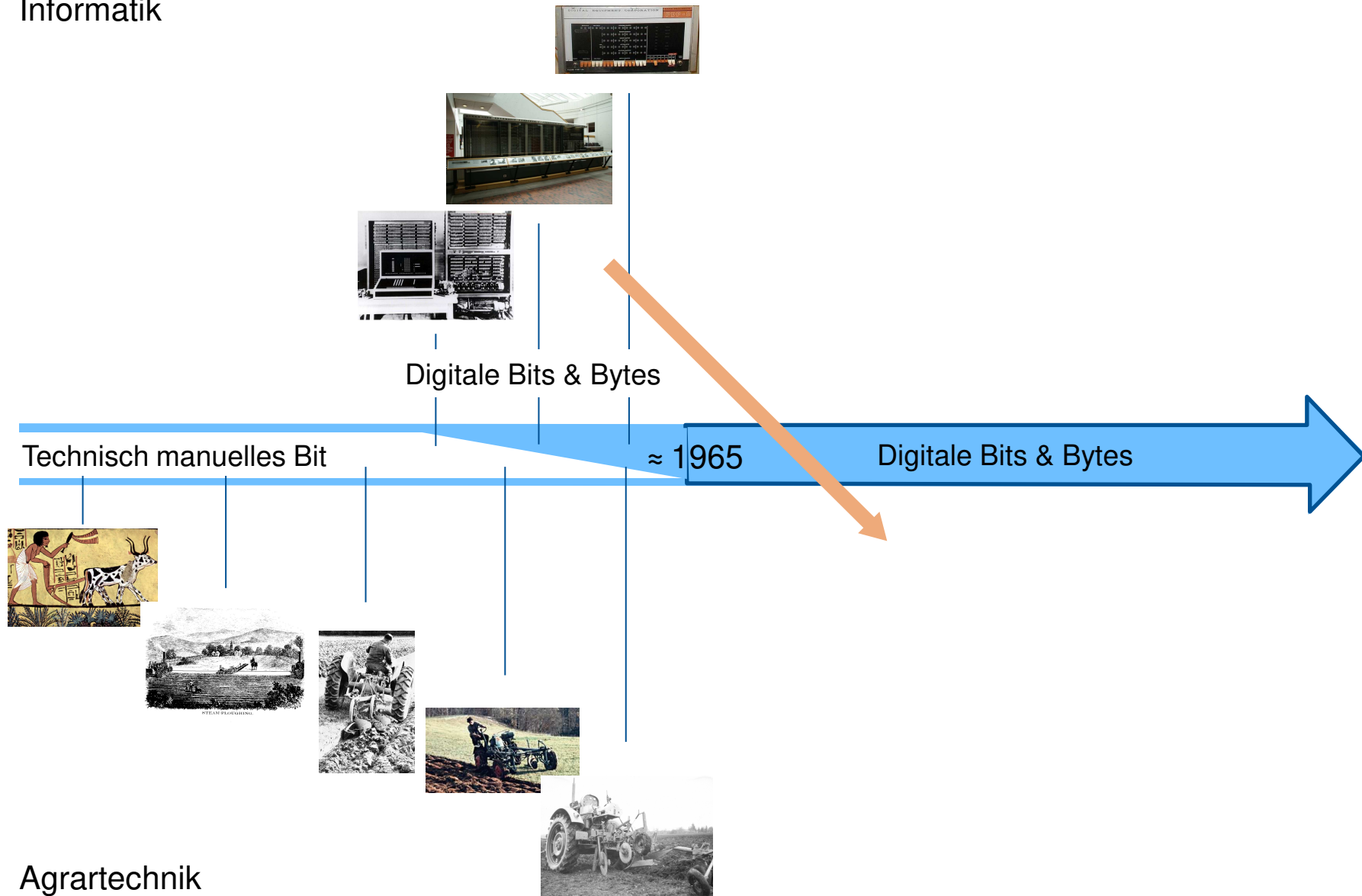
Deren Weiterentwicklung wird zum Verkaufsschlager:

- 12-Bit-Rechner mit 4.096 12-Bit-Wörtern Hauptspeicher
- Betriebssystem OS/8
- Programmiersprachen Assembler, BASIC, FORTRAN
- Mehr als 300.000 Einheiten bis etwa 1984 zum Preis von etwa 10.000 \$ verkauft

Wir sind damit im digitalen Zeitalter angekommen !

Das Bit im erweiterten agrartechnischen Zeitstrahl

Informatik



Agrartechnik

8-mal 1 Bit, aber kein Byte und „Schauvoraus“

Elektronische Einzelgeräteüberwachung (Planter)

- Lichtschranken werden auf zeitkonstante Unterbrechungen eingestellt (Drehrad)
- Abweichungen von der Zeitkonstante werden mit vorgegebenen Toleranzwert für die jeweilige Saateinheit signalisiert

Information im Sichtfeld des Fahrers:

- Auge konzentriert sich auf den exakten Spuranschluss
- Erhält als Zusatzinformation Signal(e) über die exakte Ablagegenauigkeit jeder einzelnen Saatreihe

→ **Schauvoraus**



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=710920>

BOSCH - 48 Jahre nach Harry Ferguson

Elektronik ersetzt Mechanik und ergänzt Hydraulik

- Sensoren in den Unterlenkern
- Elektronikbox
- Bedienfeld am Fahrerplatz

Erweiterte Funktionen für den Fahrer:

- Wählbare Sensitivität und Aushubbegrenzung
- Freie Bedienfeldanordnung und Zusatzbedienung im Dreipunkt-Anbaubereich
- Erweiterungsmöglichkeit zur Schwingungstilgung und zur Anti-Schlupfregelung

Aber: Messdatenerfassung ohne mögliche agronomische Datennutzung (weder Ortungstechnik noch preisgünstiger Datenspeicher verfügbar, System bleibt auf Bit-Ebene)

1925



Nach Hohenheim 1973 BOSCH EHR 1978 in Arizona



<https://mediatum.ub.tum.de/698531>



<https://mediatum.ub.tum.de/698527>

Es geht zuallererst um Pflanzenschutz (Umweltentlastung)

HOLDER Dositron 1978:

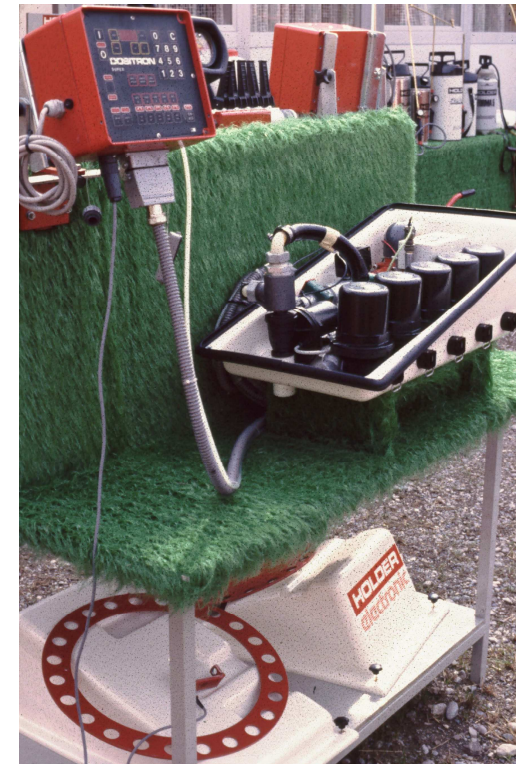
- Elektronische Dosierregelung mit Applikationsmengeneingabe/Flächeneinheit
- Bedienung und Überwachung in der Kabine
- Teilbreitenschaltung
- Zusatzausrüstung für geeignete Seriengeräte

Einsatzvoraussetzung:

- Exakt vorgegebene Fahrgassen
- Signal der wahren Geschwindigkeit des Traktors (idealerweise nicht angetriebenes Vorderrad, notfalls Allradantriebsstrang)

→ **Signalnachrüstung am Traktor**

Abgedichtete Zuführung der Steuerleitungen in Kabine mit Überdrucklüftung



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=703076>

Und wir müssen wieder einen Blick auf die Informatikseite werfen !

Der Industriestandard – IBM kompatibel (12.8.1981)

PDP-8 wird PDP-11, 1971



Das Gegenteil zum „Main Frame“ wird „persönlich“

- Haushaltsgerecht „designed“
- x86 Prozessortechnologie
- Datenspeicherung Diskette und Festplatte
- Schnittstellen zur Umwelt
- Model 5150 wird **Quasi-Industriestandard**

Erster PC überhaupt, 1976



https://de.wikipedia.org/wiki/Apple_I#/media/Datei:Museum-Enter-Apple-1-6094652-CleanBackground.jpg

Schreibmaschine und Betriebsrechner zugleich:

- Zur Tastatur kommt der Bildschirm
- Datenhaltung über standardisierte Speichersysteme
- Schnittstellen zur elektronischen innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Kommunikation



<https://duckduckgo.com/?t=ffsb&q=ibm+pc&atb=v290-1&ia=web>, 12.8.2022

Zwei Universelle erobern den europäischen Markt

1978



Universeller Mobiler Agrar Computer ab 1984 mit mehr als 100.000 Einheiten in Europa

- Gerätespezifische Steuerungselektronik im Gerät
- Bedieneinheit mit Steuerungssoftware in der Kabine (+/- Taste für ortspezifische Anpassung)
- Geräteerkennung über Stecker-Pinbelegung
- Datentransfermedium zum Betriebscomputer
- Bedieneinheit-Erweiterung für spezifische Geräte (insbes. Pflanzenschutzspritze)



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=15055>

Einsatzvoraussetzung:

- Anpassung der Geräteelektronik an das spezifische Gerät (vor Ort oder mit Gerätehersteller)
- Anpassung der Steuerungssoftware an das Gerät

→ Bindet Landwirt an einen Hersteller
Reduziert/verhindert freie Gerätewahl
Erfordert eigene Basissignale

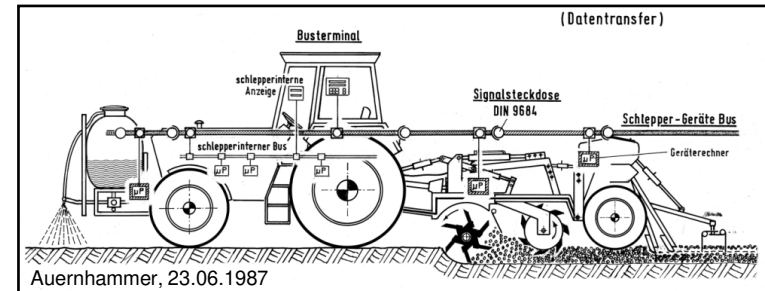


<https://mediatum.ub.tum.de/?id=15266>

Die Normungsgruppe erkennt den Bedarf und handelt

Vorgaben der Normungsgruppe (vom 28.1.1987):

- Gerätespezifische Elektronik mit Sensoren, Aktoren und Bedienoberfläche
- Zentrale Nutzerstelle mit Task-Controller und Anbindung an Betriebsmanagement
- BUS-Lösung
- Überlegungen für eine ISO-Norm



<https://mediatum.ub.tum.de/716468>

LBS nach DIN 9684, Teil 2 – 5 (Landwirtschaftliches BUS-System), 23.6.1987 bis 19.1.1998:

- Teil 2: Serieller Daten-BUS
- Teil 3: Systemfunktionen, Identifier
- Teil 4: Benutzerstation
- Teil 5: Datenübertragung zum Management-Information-System, Auftragsbearbeitung

Dazu ein DLG-F&E-Projekt mit erstem Plugfest in Groß Umstadt am 17.02.1993

→ Erfordert Herstellerakzeptanz

Erfordert Elektronikkompetenz beim Hersteller

(Geburtsstunde des ISOBUS ?)

Dazwischen Frankfurt (Wiebke) und Köln mit ...

ISO TC23/SC19

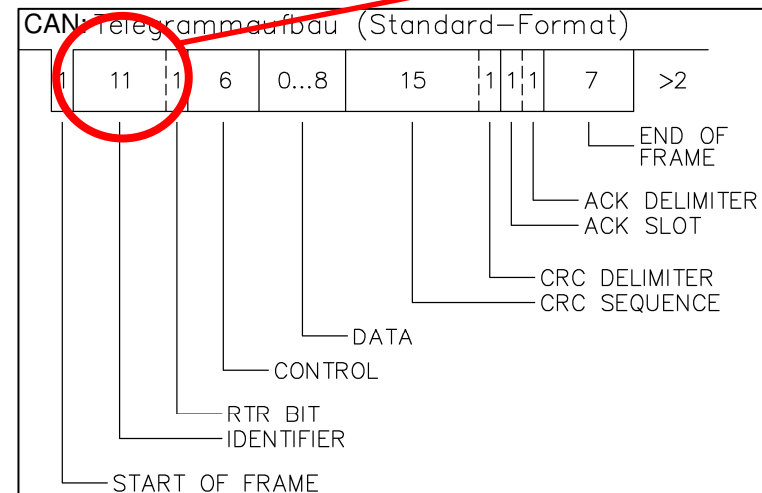
- Gründung mit erstem Meeting in Frankfurt 25./26.2.1991, ISO-Norm 11783 mit WG 1 - 4
- Wegweisendes 2. Meeting in Köln am 15.2.1992

Die BUS-Entscheidung:

- Soll bisheriges 11-Bit-CAN (LBS) für ISO beibehalten werden (neue US-Normungsaktivität in J1939 „Bus and Trucks“ wählt 29-Bit-CAN)
- Abstimmung der 5 teilnehmenden Länder CA, DE, DK, NL, US führt zu Patt für 29-Bit (CA+US) und 11-Bit (DK+NL)
- Entscheidung durch DE für 29-Bit

→ Ende für LBS-Normung ?

Zukunftsentscheidung: 11 oder 29



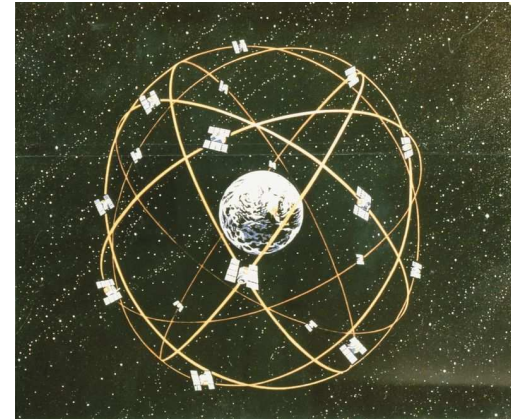
<https://mediatum.ub.tum.de/?id=733311>

→ Nein, denn
nur ein realisiertes LBS hält den
ISO-Normungsdruck aufrecht !

... und eine hochwillkommene Hilfe aus dem All

Militärisch angedacht:

- Ab 1972 Aufbau und Test von GNSS (Global Navigation Satellite Systems) in den USA (GPS) und Sowjetunion (GLONASS)
- GPS erreicht „Full Operational Capability (FOC)“ am 17.7.1995 mit ausreichender weltweiter Abdeckung



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=15678>

GPS-Empfänger in Deutschland, die unbekannte Technik

(10 Satelliten in 1990 verfügbar):

- Einziger Anbieter SEL Alcatel (Stuttgart),
 - Empfängerpreis 1987 = 42.000 DM
 - Empfängerpreis 1988 = 18.000 DM
 - Empfängerpreis 1989 = 9.800 DM, System erworben
- Lokale Ertragsermittlung mit Serienmähdrescher in Scheyern (12./13.8.1990) und auf Gut Schlüterhof (20.8.1990), AUERNHAMMER, DEMMEL, MUHR, ROTTMEIER



<https://mediatum.ub.tum.de/?id=714329>

➔ **Precision Farming kann Wirklichkeit werden !**

Information mit Bits & Bytes im Mittelpunkt

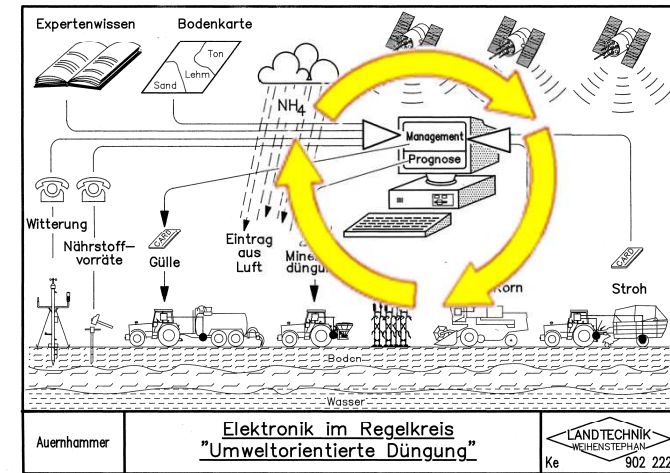
Umfassende elektronische Kommunikation:

- Automatisierte Datenerfassung über standardisierte Kommunikationskanäle
- Software zur Datenanalyse und Prognose
- Auftragsbearbeitung in der mobilen Agrartechnik mit Rückmeldung

Händisch wird zu IT-Management:

- Unabhängig von Arbeitsperson wird lokale Information generiert
- Management mit digitalen Informationen
- Simulationen für betriebliche, schlagspezifische und teilschlagspezifische Optimierungen

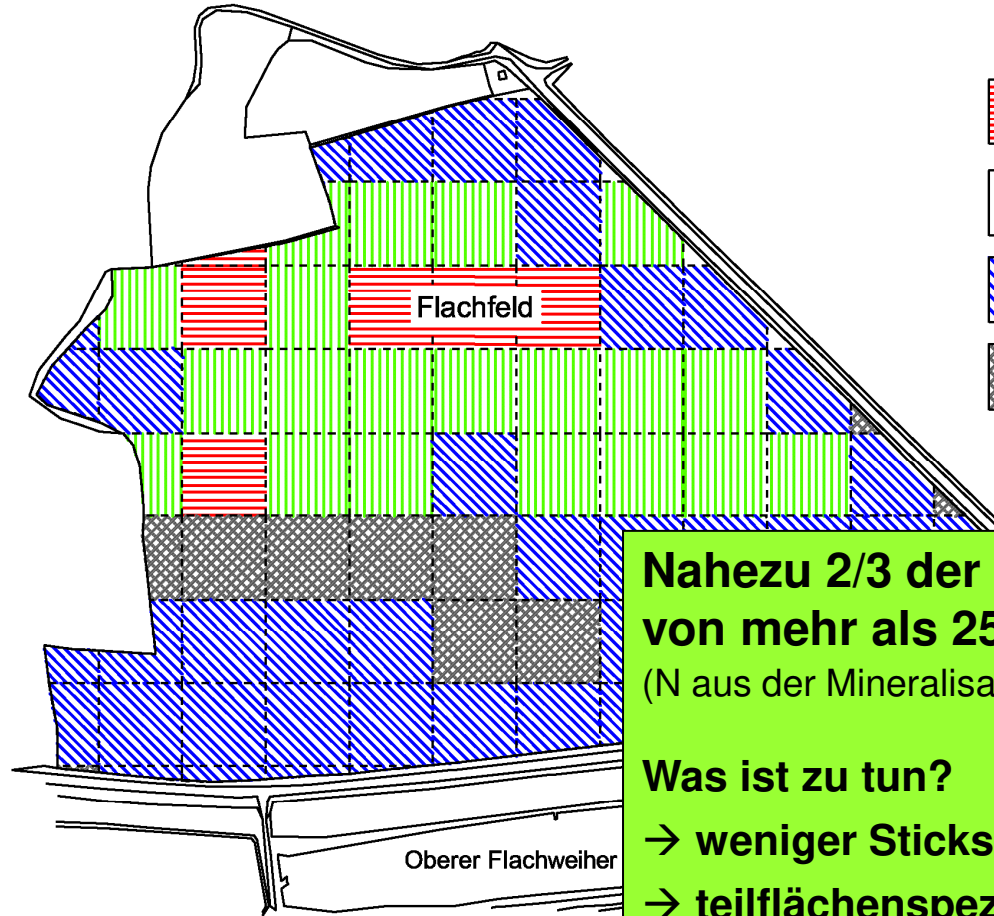
→ **Umweltschonende Pflanzenproduktion**




<https://mediatum.ub.tum.de/?id=710617>

FAM Mapping - Kalkulierter Reststickstoff „Flachfeld“ 1991

(Winterweizen „ORESTIS“; Vorfrucht Getreide, 16,6 ha; Düngung 160 kg N/ha einheitlich)



Nach Maidl, Demmel, Auernhammer

<u>Reststickstoff</u>	<u>Flächen- anteile</u>
 weniger als 20 kg/ha	= 7,7 %
 20 bis 40 kg/ha	= 30,8 %
 40 bis 60 kg/ha	= 50,8 %
 mehr als 60 kg/ha	= 10,7 %
∅	42,4 kg/ha = 26,5 % Reststickstoff

Nahezu 2/3 der Fläche hatten eine Überdüngung von mehr als 25% !

(N aus der Mineralisation nicht berücksichtigt)

Was ist zu tun?

→ weniger Stickstoff

→ Ertragsverzicht !

→ teilflächenspezifische Applikation

→ benötigt adäquate „Technik und Wissen“ !

Aber eigentlich nichts Neues, denn:

250, bzw. 170 Jahre danach

Möser, J.: Nützliche Beilage zum Osnabrücker Intelligenzblatt. Osnabrück, 26. Mai 1770

*„Da wir bald eine neue Chartre von hiesigem Hochstifte erhalten werden: So wäre zu wünschen, daß auch eine dergleichen, worauf nach gehöriger Vergrößerung überall die Beschaffenheit des Bodens angezeigt wäre, verfertigt würde; es könnte solches bloß durch Farben geschehen und zugleich in den Farben wiederum der Unterschied angebracht werden, daß z. E. der beste Weidegrund durch **Dunkelgrün**, der mittlere durch etwas **hellere** und der schlechteste durch **noch hellere** angezeigt würde. In der Erfassung; wodurch ... , würde durch eine Schattierung von Rot, Gelb, Blau oder Schwarz angezeigt, ob Mergel-, Sand- oder Moorgrund anzutreffen wäre; ...*

Man könnte auch auf jeden Fleck durch Nummern die Tiefe einer Lage oder deren Abstand von einer gewissen angenommenen Linie, wie auf Seekarten, bemerken. ...

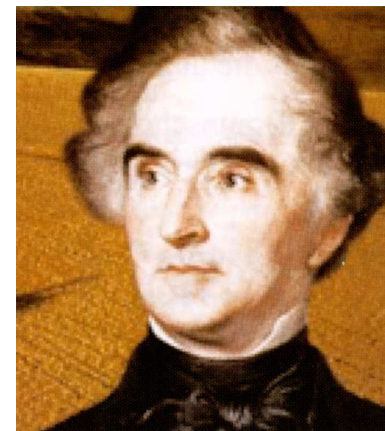
Außer dieser Chartre müßten wir noch eine andere haben, worauf die ganze Fläche, so wie sie sich in 6, 7 oder 8 Schuh tief unter der Erde befände verzeichnet würde, so daß, wenn man erstere Chartre auf die andere legte, man sogleich sehen könnte, wie es in vorgedachter Tiefe beschaffen wäre. Man würde solches durch Erdbohrer bald untersuchen und geometrisch auftragen können. ...“

„... . Eines Tages so versprach Liebig:

*Werde der Landwirt in der Lage sein, **bei der Ernte den genauen Ertrag seiner Felder festzustellen**, wie der Buchhalter einer gut geführten Fabrik; durch einfache Kalkulation könne er dann Substanzen, die er jedem Feld ersetzen muß, exakt bestimmen, auch mengenmäßig, um die Fruchtbarkeit wiederherzustellen (85).*

Seine Arbeit brachte .. „

In: Brock, H.: Justus von Liebig. Braunschweig: Vieweg Verlagsgesellschaft 1999, S. 148



Justus von Liebig, 1803 - 1873

PC wird Handy oder „ohne nicht überlebensfähig“

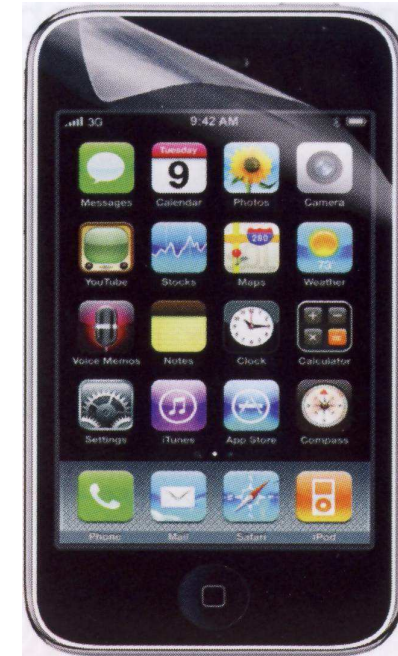
Nachfolger der Mobiltelefone:

- Ersetzt den PDA (Personal Digital Assistant) und den Organizer
- Hat die mehrere tausendfache Leistung eines ENIAC und wiegt nur etwa 200 g
- Standardisiertes Betriebssystem
- Standardisierte Konnektivität

<https://de.wikipedia.org/wiki/Smartphone>

Einfachste visuelle und haptische Bedienung:

- Touch Screen zur Interaktion
- Permanenter Internetzugang
- Nahezu unbegrenzte Zahl an Anwendungen (Apps)
- Kamera
- Telefon



→ „Schau aufs Handy“

→ Jugend wird zur Wischgeneration

Schauvoraus ist Realität

Der neue Arbeitsplatz:

- BUS-Teilnehmer (Geräte) in freier Wahl im herstellerspezifischen Design darstellbar
- Bedienelemente im kleinen Arbeits-Greifraum zur schnellen und ermüdungsfreien Nutzung

Gesamte Information im Sichtfeld des Fahrers:

- Auge konzentriert sich auf den exakten Spuranschluss
- Arbeitet mit vordefinierten Aufträgen
- Erhält die erforderlichen Geräteinformationen
- Dokumentiert ohne Zusatzaufwand

→ **Schauvoraus und Daten sind in der Realität angekommen !**



https://www.fendt.com/de/images/5568311e0237fb1d437d41f8_1525337154_web_de-DE.jpg, 13.08.2022

Großrechner gestern = Server-Farm (Cloud) heute

1946



Die neue Form der „Maine Frame“:

- Einbindung in die weltweite Internet-Kommunikation
- Für den Bedarf skalierbar
- Höchste Rechenleistung
- Nahezu unbegrenzte Datenspeicher



<https://i.ytimg.com/vi/ILx67S-9WZQ/hqdefault.jpg>,
12.08.2022

Cloud für Jedermann:

- Entbindet von eigener Datenhaltung
- Stellt zusätzlich benötigte Rechenleistung zur Verfügung
- Ermöglicht einfache multiple Nutzung

→ **Ideale Ergänzung zum Smartphone und Voraussetzung für neue Technologien, aber auch mit offenen Fragen zur Datenhoheit und Datensicherheit !**

... bis hin zur autonomen Agrartechnik

Kombination bekannter Agrartechnik mit IT:

- Elektronik und Elektrik überlagern mechanische und hydraulische Bauelemente
- Umfassende Sensorik
- Hochkomplexe Software mit KI-Nutzung
- Ansätze zu autarker Energieversorgung

Mobiles Info-Center in der Entwicklung:

- Zu erwartende (aktive) Richtungen zu
 - bodengebunden klein (z.B. Pflege, Düngung, selektive Ernte, ...)
 - bodengebunden groß (z.B. Bodenbearbeitung, Saat, Ernte, ...)
 - nicht bodengebunden klein (Monitoring, Pflege, Düngung, & Pflanzenschutz für Einzelpflanzen, ...)
- Anpassung an die gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen

→ **Aus „Schauvoraus“ wird „Schau nach“ !**

1964



<https://landwirt-media.com/farmdroid-fd20-solarbetriebener-roboter-kann-saen-und-hacken/>, 13.08.2022

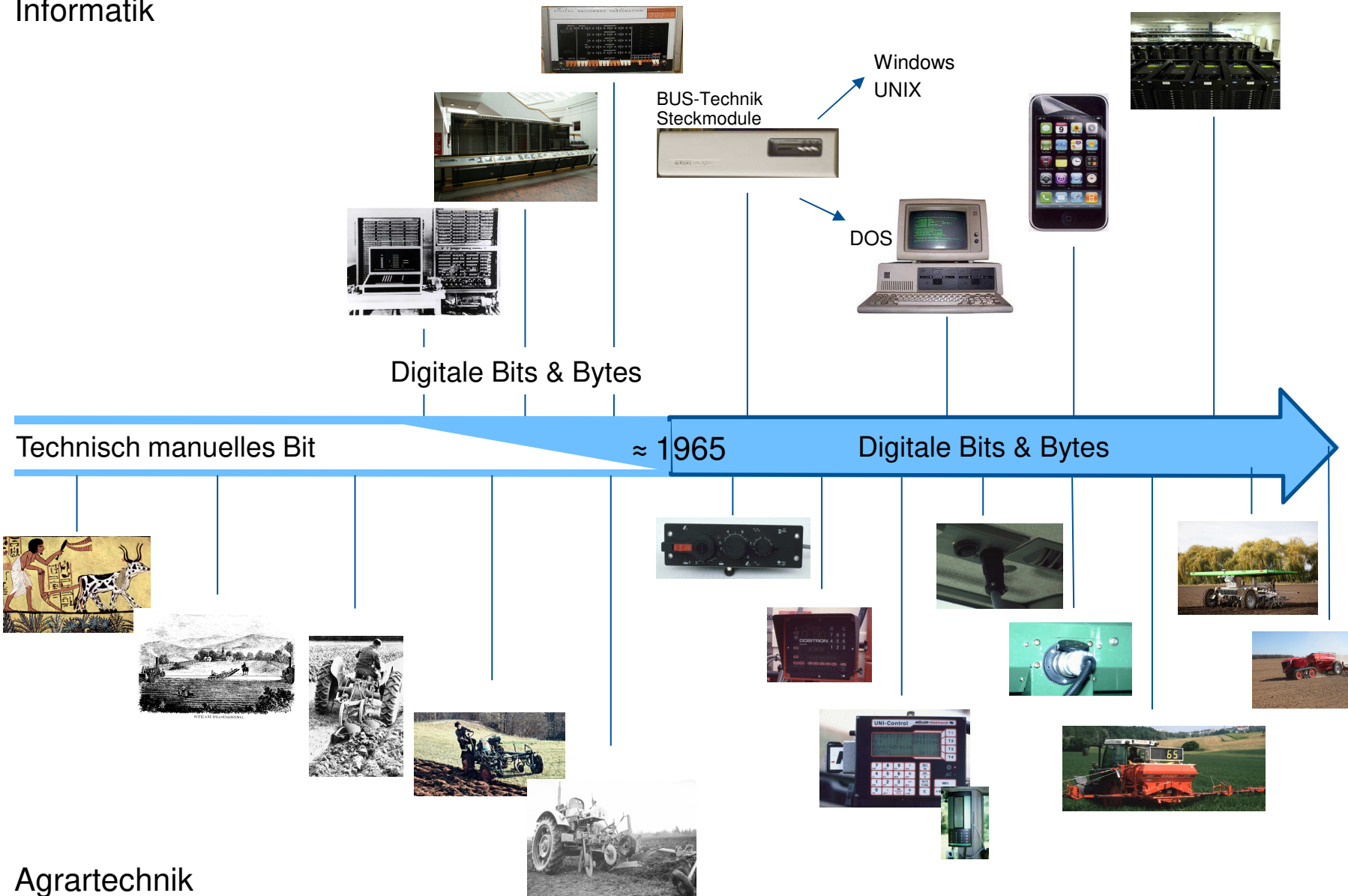


Umweltgerecht wenn:

- ❖ Boden nicht dauerhaft offen (Winderosion, Wassererosion, Humusabbau)
- ❖ Überlebenschance für Bodenbrüter
- ❖ Wachstumsvorsprung für die Nutzpflanze

Das Bit im erweiterten agrartechnischen Zeitstrahl

Informatik

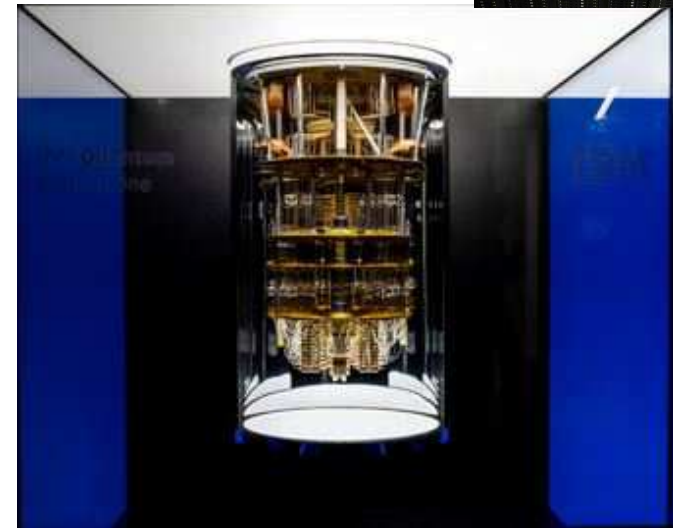


Nicht mehr Bit, sondern Qubit



Beruhrt auf der Quantenphysik:

- ❖ 1 Qubit gleichzeitig 0 und 1, benötigt 256 herkömmliche Bits
- ❖ Jedes weitere Qubit verdoppelt die Anzahl von herkömmlichen Bits, steigert also *exponentiell*
- ❖ 45 Qubits entsprechen der Leistung derzeit größter binärer Computer, IBM hat soeben den ersten 1.000 Qubit Quantencomputer vorgestellt
- ❖ Betrieb nur nahe am absoluten Nullpunkt



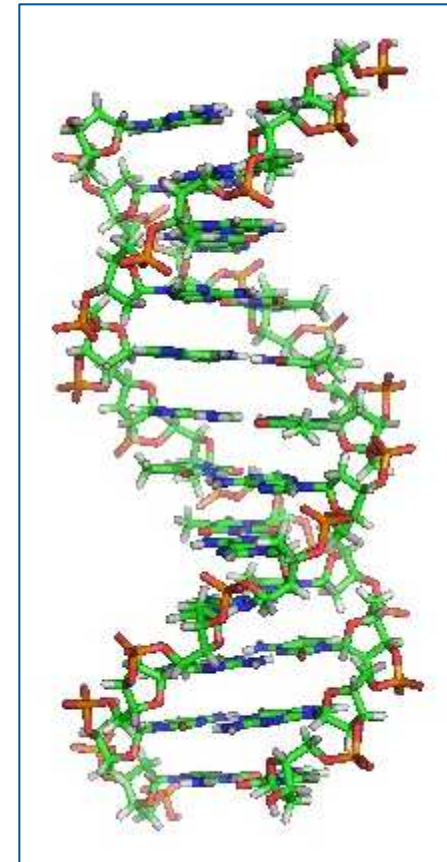
<https://www.ibm.com/quantum/systems> 12.08.2022

Aber (c't 2022, Heft 14, S. 44):

- ❖ In das Pawsey Supercomputing Centre im australischen Perth haben Techniker einen Quantencomputer des deutsch-australischen Herstellers Quantum Brillianct integriert
- ❖ Synthetische Diamanten in diesem Quantenrechner können Spin-Photon-Qubits in geplanter Unreinheit im Kristallgitter erzeugen
- ❖ Diese Technik funktioniert ohne Kühlung bei Raumtemperatur
- ❖ Entsprechend kompakt baut dieser Quantencomputer in einem 19-Zoll Rack-Modul
- ❖ Eine solche Einheit soll mit bis zu zehn Qubits rechnen können

Nicht mehr Bit und Byte, sondern Exabyte (EB) in DNA

- ❖ Im Fall der DNA sind die Informationen in der Molekülstruktur gespeichert und hier in der Abfolge der vier organischen Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin (oft abgekürzt mit A, T, G und C).
- ❖ Zur Nutzung der DNA als technischer Datenspeicher geht es im Prinzip darum, einen binären Code aus Nullen und Einsen in eine geeignete Abfolge der Nukleotide A, C, G und T zu bringen und aus dieser Vorlage künstliche DNA herzustellen. Der so geschaffene Datenspeicher kann mit Standard-Gensequenziermaschinen wieder entziffert werden.
- ❖ Der molekulare Speicher DNA ist bei geeigneter Lagerung (kühl und lichtgeschützt) nahezu beliebig lange haltbar (z.B. die erfolgreiche Untersuchung der DNA in Neandertalerknochen).
- ❖ Bezüglich der Speicherdichte sind DNA-Datenspeicher ihren konventionellen Konkurrenten weit überlegen. So ist es im Prinzip möglich, in einem Kubikmillimeter DNA 10^{18} Bytes an Daten zu speichern (1 Million Terabyte (TB)). Damit werden die besten konventionellen Speicher um den Faktor 10^6 übertroffen.
- ❖ Aus technischer Sicht sollten diese Speicher bereits mittelfristig praktikabel einsetzbar sein.

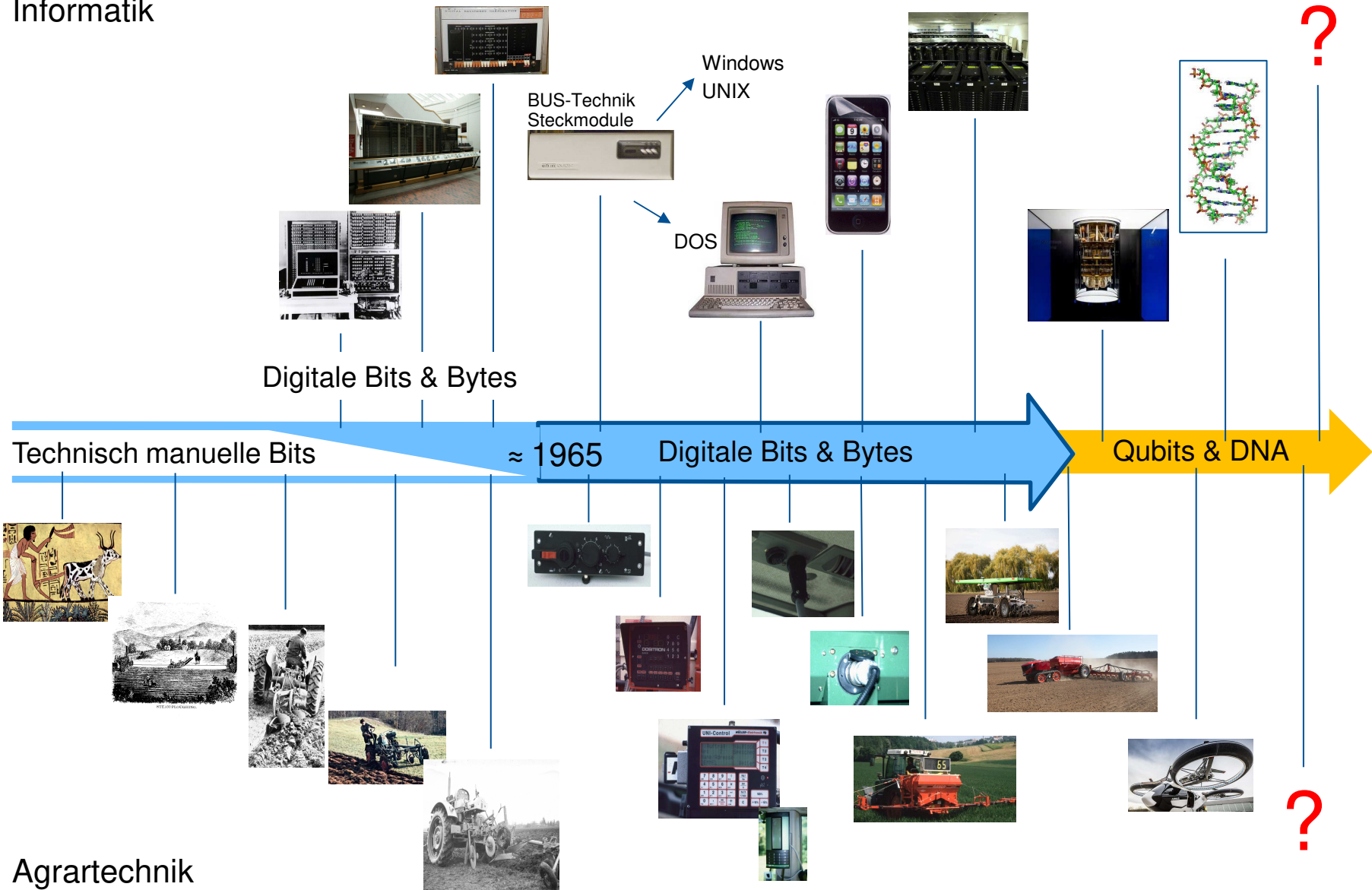


<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2118354>, 14.08.2022

Gekürzt aus <https://www.int.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/corporate-technology-foresight/DNA-Datenspeicher.html>, 12.08.2022

Das Bit im erweiterten agrartechnischen Zeitstrahl

Informatik



Agrartechnik

Fazit

- ❖ Die Nutzung der Agrartechnik erfolgte von Beginn an über einfache Bits
- ❖ Der tierischen Anspannung folgend wurde frühzeitig das Schauvoraus-Prinzip verfolgt
- ❖ Mit dem binären Bit eröffneten sich vielfältige neue Möglichkeiten
- ❖ Die Standardisierung der elektronischen Kommunikation, ausgehend aus Deutschland, katapultierte die deutsche und europäische Agrartechnik an die Weltspitze



- ❖ Mit Precision Farming wurde die umweltfreundliche Landwirtschaft von morgen geschaffen
- ❖ Autonome Systeme können den Nutzer aus der Zeitbindung entlassen
- ❖ Weiterentwicklungen in der IT eröffnen neue Möglichkeiten und Herausforderungen

Agrartechnik

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und Ihre Geduld !

Informatik

